

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Е. К. ПОСВЯТЕНКО, О. Є. ТВЕРИТНИКОВА
Н. І. ПОСВЯТЕНКО, Т. В. МЕЛЬНИК

ІСТОРИЧНА СПОРІДНЕНІСТЬ РОЗВИТКУ
ПРИКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ НАУК

МОНОГРАФІЯ

Затверджено
вченою радою
університету,
протокол №
від 25.12. 2014 р.

Харків 2017

УДК 621.3 (09):66(09) 477
ББК 31.2 Г + 34.4 Г + 35 Г (4 УКР)
I 26

Рецензенти:

В. М. Скляр, д-р іст. наук, проф., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків
В. О. Панасенко, д-р, тех. наук, проф., Державний науково-дослідний і проектний інститут основної хімії «НІОХІМ», м. Харків

Авторський колектив:

Е. К. Посвятенко, О. Є Тверитникова, Н. І. Посвятенко, Т. В. Мельник

В монографіи рассмотрена эволюция становления и развития классических технических наук механического, электротехнического и химического циклов. Выявлены основные тенденции и особенности их формирования, проведено сопоставление процессов развития с древнейших времен до современности. Предназначено для научных работников, преподавателей естественных и технических дисциплин, историков науки и техники, студентов высших учебных заведений.

Ил. 98. Табл. 10. Библиогр. : 217 назв.

I 26 Історична спорідненість розвитку прикладних технічних наук : монографія / Е. К. Посвятенко, О. Є. Тверитникова, Н. І. Посвятенко, Т. В. Мельник,. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – 224 с. – Укр. мов.

ISBN

У монографії розглянуто еволюцію становлення і розвитку класичних технічних наук механічного, електротехнічного та хімічного циклів. Виявлено основні тенденції та особливості їх формування, проведено зіставлення процесів розвитку з найдавніших часів до сучасності. Призначено для науковців, викладачів природничих і технічних дисциплін, істориків науки і техніки, студентів вищих навчальних закладів.

Іл. 98. Табл. 10. Бібліогр.: 217 назв.

УДК 621.3 (09):66(09) 477
ББК 31.2 Г + 34.4 Г + 35 Г (4 УКР)

ISBN

© Е. К. Посвятенко
О. Є. Тверитникова
Н. І. Посвятенко,
Т. В. Мельник, 2017 р.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
РОЗДІЛ 1. РОЗВИТОК ТЕХНІКИ З НАЙДАВНІШИХ ЧАСІВ ТА	
ІСТОРІЯ ВІНАХІДНИЦТВА.....	13
1.1. Інженерна діяльність з найдавніших часів.....	13
1.1.1. Від каменю до перших металів	13
1.1.2. Великі винаходи древності, середньовіччя та мануфактурного періоду	18
1.1.3. Техніка індустріального суспільства. Універсальні двигуни.....	25
1.1.4. Деякі приклади розвитку фундаментальних технічних технологій.....	43
1.2. Історія винахідництва і правових актів у сфері винаходів та відкриттів.....	56
1.2.1. Винахід. Основні положення, опис.....	56
1.2.2. Розвиток охоронних документів у галузі винахідництва	60
1.2.3. Наукове відкриття.....	65
1.2.4. Окремі рекомендації винахідникам	69
1.3 Роль стандартизації та сертифікації у розвитку техніки	71
РОЗДІЛ 2. НАУКОВІ ЗНАННЯ З НАЙДАВНІШИХ ЧАСІВ	
ДО КІНЦЯ XVIII СТ.	82
2.1. Започаткування знань про різання матеріалів.....	82
2.1.1. Початкові періоди еволюції оброблення різанням, інструменту та інструментальних матеріалів.....	82
2.1.2. Розвиток металорізальних верстатів.....	87
2.1.3. Хронологія основних подій у технології оброблення різанням на початок XIX ст.	99
2.2. Історія відкриття електрики.....	102
2.2.1. Передумови виникнення науки про електрику	102
2.2.2. Перші впровадження в практику. Електростатичні прилади.....	104
2.3. Становлення класичної хімії та поява хімічних технологій.....	109
2.3.1 Витоки розвитку хімічної технології неорганічних сполук	109

2.3.2. Поява та розвиток хімічної технології азотовмісних сполук.....	112
2.3.3. Початкові етапи становлення технології виробництва соди та мінеральних добрив	114
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ СТАНОВЛЕННЯ ПРИКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ НАУК. ХІХ ст. – ПЕРША ПОЛОВИНА ХХ ст.	118
3.1. Становлення та розвиток оброблення матеріалів різанням як галузі технічних наук.....	118
3.1.1. Формування виробничої та теоретичної бази галузі різання матеріалів.....	118
3.1.2. Перші часткові та системні дослідження механіки процесу різання; досліді професора І.А. Тіме	124
3.1.3. Дослідження фізики процесу різання; винахід швидкорізальної сталі; удосконалення фрези	129
3.1.4. Формування взаємовпливу складових технологічної системи в обробленні матеріалів різанням	138
3.1.5. Вчення про процеси різання матеріалів у системі інженерної освіти.....	143
3.2. Електротехнічна наука, промисловість і освіта, як складові розвитку галузі.....	149
3.2.1. Формування теоретичних основ електротехніки в ХІХ ст.	149
3.2.2. Електротехнічна промисловість.....	157
3.2.3. Організація інженерної електротехнічної освіти	164
3.2.4 Підготовка інженерів для електротехнічної промисловості України	170
3.3. Наукові дослідження з хімічної технології	175
3.3.1. Становлення промислової хімії.....	175
3.3.2. Доробок вищих навчальних закладів з хімічної технології	184
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ	204
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	216
ПІСЛЯМОВА	221

ПЕРЕДМОВА

Ця наукова монографія не ставить на меті якимось чином підірвати авторитет С.В. Шухардіна, Ф.Н. Загорського, А.А. Зворикіна, Б.І. Іванова, В.В. Чешева, В.А. Кириліна, В.І. Чернишова, А.В. Панкіна та ін. авторів фундаментальних наукових праць у галузі історії техніки, опублікованих після Другої світової війни. Тим не менш, детальний аналіз цих праць свідчить про прозорість суспільно-політичних підходів у дослідженнях авторів, що, безумовно, завдає шкоди викладеному матеріалу.

Навіть школярам відомо, що держава Російська імперія існує, починаючи з 1722 р. Тому до цього часу термін «російські вчені» треба замінити на «московські вчені». Далі йде замовчування низки видатних технічних рішень. Так, ніде у працях вказаних істориків техніки немає згадки про такий транспортний об'єкт, як ямський шлях, що був надзвичайно важливим для ординської й московської (пізніше російської) держав протягом XIII – XIX століть. Це саме тому, що шлях, переважно широтний з проміжними станціями (ямами), було винайдено ординцями. Нічого в працях радянських істориків техніки не вказано про тачанку – підресорену бричку з кулеметом, що діяв у напрямі, протилежному руху цієї брички – винахід часів громадянської війни. Цей винахід належить королю українських степів Несторові Махну. Ще один приклад. З публікацій радянських істориків техніки не достатньо підготовлений читач може дійти висновку, що металокерамічні тверді сплави («победіт») винайдено у Москві в 1929 р. У той же час відомо, що їхня історія починається від автора електропечей француза Муассана й завершується 1927 роком, коли фірмою Круппа в Німеччині було налагоджено промисловий випуск твердих сплавів торгової марки «Wiedia» (як алмаз). Твердий сплав є композиційним матеріалом, що вміщує кобальт (зв'язка) і карбіди вольфраму, титану, танталу та ін. (наповнювач і одночасно скелет), і на сьогодні є одним із основних інструментальних та конструкційних матеріалів у промисловості.

Не залишила у спокої радянська післявоєнна історія техніки і видатних інженерів та вчених капіталістичного світу. Прикладом слугує брутальна лайка в засобах загальної та науково-технічної інформації на адресу аме-

риканського інженера й винахідника Ф.В. Тейлора. Він винайшов склад та термооброблення швидкорізальної сталі; дослідив залежності режимів різання від швидкості, подання та глибини різання; запровадив поняття «фотографія» робочого дня верстатника, що стала однією з основ автомобільного конвеєра Г. Форда і в радянські часи системи НОТ (наукова організація праці). Саме на останнє спрямував свою критику у двох статтях В.І. Ленін у 1913 р., не розуміючи суті розробки. Проте критика Ф.В. Тейлора в широкому розумінні «тейлоризму» почалась наприкінці 40-х років ХХ ст., коли ці статті вождя були відкопані. Тоді якраз усім ученим треба було «відмазуватись» від попереднього поклоніння Тейлору. Не дивно, що в працях радянських істориків науки він навіть не згадується, хоча в 50% різального інструменту і зараз працює швидкорізальна сталь, а радянські автозаводи (у містах Толятті, Жодіно, Кременчуці, Запоріжжі та ін.) побудовані за принципом «фордизма-тейлоризма», тобто на основі конвеєрів.

Ще одним прикладом ігнорування історичної правди в галузі техніки є визначення ролі вуглецю у сталі, яку вперше показав француз Р. Реомюр у праці 1722 р., коли він разом розплавив крицю (маловуглецеву сталь) і чавун, тим самим отримавши якісну високовуглецеву сталь. Проте у всіх радянських підручниках з матеріалознавства це відкриття приписується інженеру-металургу П.П. Аносову, який жив і працював на століття пізніше за Р. Реомюра.

Ще одне, досить характерне пересмикування фактів й їхньої оцінки стосується відомих російських механіків ХVIII ст. А.К. Нартова й І.І. Ползунова, які запропонували відповідно супорт токарного верстату (1729 р.) та вдосконалену парову машину (1765 р.). Проте ці винаходи були недосконалими і практично не працювали. Вони були доведені до промислового використання як універсальний токарний верстат та універсальний високо економічний паровий двигун, які з несуттєвими змінами працюють і сьогодні. Тому, на відміну від догматики радянських вчених, справжніми винахідниками верстатного супорта та парового двигуна слід вважати Г. Модслі і Д. Уатта.

Багато галасу точиться й навкруги імені М.В. Ломоносова та його внеску в науку і техніку. Не применшуючи його ролі, відзначимо все ж, що так зване його вчення про електростатику й атмосферну електрику відставало від дослідів та положень Б. Франкліна на десятки років. Останній, зокрема, довів електричну природу блискавки, сформулював теорію електрики

та розробив блискавковідвід. Принцип збереження матерії та руху, що приписується радянськими істориками М.В. Ломоносову, насправді належить Ф. Прокоповичу (1681–1736 рр.).

Названі вище уточнення потрібні авторам цієї монографії, щоб знайти замовчувані «ніші» в існуючій загалом стрункій системі сучасних поглядів на історію техніки і визначити внесок українських учених у цю галузь.

Все ж таки чому за основу досліджень взято досягнення вчених ХПТІ (ХТІ)? По-перше, цей ВНЗ, який засновано в 1885 р., разом з двома іншими щойно створеними та єдиними в Україні дореволюційними вищими технічними навчальними закладами – Київським політехнічним та Катеринославським гірничим, став кузнею інженерних кадрів. Крім того, нова справа привабила до викладання низку представників технічної еліти держави. По-друге, у найновіші часи в Харківському політехнічному було створено кафедру історії науки і техніки, яку очолив відомий учений у цій галузі професор Бесов Л.М., і розпочато підготовку кадрів вищої кваліфікації відповідного профілю, серед яких є автори цієї монографії.

Під час заснування Харківського технологічного, пізніше політехнічного, визначились основні напрямки підготовки інженерів: механіків та хіміків-технологів, а з початку 20-х років ХХ ст. – електриків. За цими фундаментальними напрямками і побудовано монографію. Крім того, у книзі приділено значну увагу історії винахідництва, розвитку вищої технічної освіти та стандартизації, сертифікації й якості продукції.

Заслужений діяч науки і техніки України,
доктор технічних наук, професор Посвятенко Е. К.

Автори висловлюють щирі вдячність рецензентам монографії за корисні пропозиції та зауваження доктору історичних наук, професору В.М. Скляру та доктору історичних наук, професору Л.М. Бєсову.

Монографія спирається на результати наукових досліджень, проведених авторами. Особистий внесок: підрозділи 1.1, 1.2, 2.1 підготовлені проф. Е.К. Посвятенко спільно з доц. Н.І. Посвятенко. Підрозділ 3.1.4 підготовлено проф. Е.К. Посвятенко. Підрозділ 3.1 підготовлено доц. Н.І. Посвятенко. Підрозділи 1.3, 2.2, 3.2 підготовлені доц. О.Є. Тверитниковой. Підрозділи 2.3, 3.3. підготовлені доц. Т.В. Мельник

SUMMARY

The authors of the monograph investigated the development of technique from ancient times to the early twentieth century. The next circumstances were taken into account. By a wide range of publications on this subject unknown and unrenowned facts and events relating, primarily to Ukraine as the state or the territory in ancient and more recent times have been added. As a result, historical information about the development of engineering sciences has become more systematic and, as far as possible, was dispensed from social and political approaches. The monograph investigates the development of technology in three fundamental areas – machine engineering, electrotechnics and chemical engineering. It is known that in the twentieth and twenty-first centuries, these areas later became the basis for the selection and development of several hundred technical sciences.

The development of these sciences at the beginning of the 20's of the last century was such that based on this development and several other scientific fields according to the decree of Hetman Pavlo Skoropadskyi, on 14 November, 1918, the Ukrainian Academy of Sciences was created, which, among other institutions included the Institute of Applied Mechanics and the Institute of Applied Chemistry. The first President of the Academy, as the highest state institution, was Volodymyr Vernadskyi, a prominent scientist, philosopher, biogeochemist and organizer of science (1918 – 1921 years). The essence of his position in the controversy with Mykhailo Hrushevskyi was that sciences would become the reliable support of intellectual freedom and mental independence than political organizations. Hrushevskyi also considered dangerous explanation of national self-determining on the natural and technical sciences.

This scientific monograph is not intended in any way to undermine the authority of the famous historians of techniques known historians such as S. Shuhardin, F.N. Zahorskyi, A.A. Zvorykin, B.I. Ivanov, V.V. Cheshev, V.A. Kyrylin, V.I. Chernyshov, A.V. Pankin and others – the authors of fundamental scientific works in the field of history of techniques and published after the Second World War. However, the detailed analysis of these works demonstrates the transparency of social and political approaches in the research of authors that certainly harm the material. Without the authors' attention, a number of outstanding technical solutions are remained.

For example, there is no mention of a transport phenomenon as «yamskyi

shliakh» nowhere in the writings of historians of technique, which was extremely important for Horde and Moscow (later Russian) states during XIII – XIX centuries. This is because the way mostly latitudinal with intermediate stations (wells), was invented by Horde. Nothing in the works of Soviet historians of technique is said about unknown carts – sprung trap with a machine gun, which operated in the direction opposite to the movement of this trap – the invention of the Civil War. This invention is related to Nestor Makhno, Ukrainian politician. Another example. From the publications of Soviet historians of technique a low-skilled reader can conclude that metal-hard alloys («pobyedit») were invented in Moscow, in 1929. At the same time, we know that their history started from the author of electric furnaces of Frenchman Moissan and ended in 1927, when Krupp firm in Germany adjusted the industrial production of hard alloy by «Wiedia» brand (as diamond). Hard alloys are composite materials containing cobalt (ligament) and tungsten carbide, titanium, tantalum and others (filler and at the same time skeleton), and today it is one of the main tools and construction materials in industry.

The Soviet post-war history of technique and outstanding engineers and scientists of the capitalist world did not leave alone. As an example, these are negative materials in the means of general and scientific-technical information to American engineer and inventor F.V. Taylor. He had invented composition and heat treatment of HSS (high-speed steel); investigated the dependence of the cutting speed mode to mode of speed, supply and depth of cut mode; introduced the concept of «picture» of the working day of machinists, which became one of the foundations of automobile assembly line of H. Ford and in the Soviet era the system of SOL (scientific organization of labor). Specifically on the last V.I. Lenin directed his criticism in two articles, in 1913, not knowing the essence of the consideration. However, the criticism of F.V. Taylor in the wide sense of «Taylorism» began in the late 40 of the twentieth century, when these articles were found. Then all scientists had to «talk way out» of previous Taylor generation. Not surprisingly, in the works of Soviet historians of science, he is not even mentioned, although in 50% of the cutting tool HSS is still working, and Soviet Machine Plants (in Tolyatti, Zhodino, Kremenchuh, Zaporizhzhya cities etc.), built on «Fordyzm-Taylorism» namely based on conveyors.

Another example of ignorance of historical truth in the field of technique is to determine the role of carbon in steel, which at first was showed by frenchman R. Reaumur in his work, in 1722, when he melted bloom (mild steel) and cast

iron together, thus obtaining high-quality and high-carbon steel. However, this discovery is attributed to P.P. Anosov, metallurgical engineer, who lived and worked a century later than R. Reaumur according to all Soviet textbooks on material sciences.

Another, quite characteristic distortion of the facts and their assessment is concerned to known Russian mechanical engineers of the XVIII century, A.K. Nartov and I.I. Polzunov, who offered caliper for lathe (1729), and improved steam engine, (1765). However, these inventions were imperfect and practically did not work. They were brought to industrial use as a universal lathe and universal highly economical steam engines, that are not significant changed today. Therefore, unlike the dogmatic of Soviet scientists, the real inventors of machine carriage and steam engine, H. Mawdsley and D. Watt should be considered.

The name of M.V. Lomonosov and his contribution to science and technology are discussed a lot. Without detracting from his role, we note, however, that the so-called doctrine of electrostatics and atmospheric electricity was lagged behind from B. Franklin's doctrine for ten years. The latest, in particular, proved the electrical nature of lightning, formulated the theory of electricity and developed a lightning rod. The principle of conservation of matter and motion, attributed to Soviet historians M.V. Lomonosov, in fact, was belonged to F. Prokopovych (1681-1736).

The above-mentioned clarification needed authors of this monograph to find concealment «niche» in existing general coherent system of modern views on the history of technique and the contribution of Ukrainian scientists in this area.

Still, why the achievements of scientists from Kharkiv Practical and Technological Institute (Kharkiv Technological and Polytechnic Institute in subsequent years) are taken as the basis of research? Firstly, this higher educational institution was founded in 1885, together with two other pre-revolutionary higher technical educational institutions, Kiev Polytechnic Institute and Katerynoslav Mining Institute, which were only created and unique in Ukraine, became the basis for the training of engineering and scientific personnel. In addition, a new cause was attracted to the teaching of a number of representatives of the state's technical elite. Secondly, in recent times, the department of history of technique was created at Kharkiv Polytechnic, headed by a well-known scientist in this field, Professor Biesov L.M., and training of highly qualified personnel, including the authors of this monograph, was begun.

During Kharkiv Technological Institute foundation, later Polytechnic, the main directions of training of engineers: mechanical engineers and chemical engineers, and electrical engineer, since the early 20 of the XX century, were defined. This monograph has been constructed on these fundamental lines. In addition, the book focuses on the history of invention, the development of higher technical education and standardization, certification of products as a component of the development of technical sciences.

Therefore, the aim of this monograph, all authors of this monograph have engineering education, is, among other things, the intention to draw the attention of young people and their parents to engineering and technical education. Since now the education is built according to the scheme: «secondary school – university (bachelor – master – PhD)», in our opinion, more attention should be given to such forms of intermediate or final training as a college and technical vocational school. This will accelerate the youth of different abilities to acquire a professional orientation already at the age of 15 – 16 years old.

In our state, as it happened, that applied technical sciences are developed mainly in technical universities, and fundamental – in the institutions of National Academy of Sciences. The only exceptions are individual academic institutions – V. Bakul Institute for Superhard Materials, G.S. Pisarenko Institute for Problems of Strength and some others, where applied and fundamental technical sciences coexist successfully. Proceeding from what has been said, it is necessary to restore scientific units in higher education institutions, providing them with appropriate funding, research facilities and personnel.

The time has come when it is necessary to determine how many and what kind of specialists are needed for the traditional and new branches of industry of our state – machine building, metallurgy, electrical engineering, chemical technologies, transport, space industry and others. For this purpose it is advisable to make appropriate monitoring of engineering and other personnel similar to our state, but successful states, especially the Czech Republic, Sweden, Poland, France, Germany and others.



Винахід залізниці, Ян Матейко

З розвитком природознавства людина домагається успіхів у прикладних науках і техніці. Людський розум вивчає сили природи на благо собі. Про це свідчать фігури землеробів зліва, силуети працюючих фабрик справа, пароплав на річці.

Центральні образи картини символізують винахід парової машини та розвиток залізничного транспорту. Жінка – це вода, чоловік – вогонь. Боротьба і зближення цих стихій породжують пар – рухоме і стрімке дитя, що летить подібно стрілі і тлється по колії візок. Він стає рушійною силою науково-технічного прогресу в кінці XIX ст.

РОЗДІЛ 1

РОЗВИТОК ТЕХНІКИ З НАЙДАВНІШИХ ЧАСІВ ТА ІСТОРІЯ ВИНАХІДНИЦТВА

1.1. Інженерна діяльність з найдавніших часів

1.1.1. Від каменю до перших металів

П'ять – вісім мільйонів років тому пращури людини в Африці пішли відмінним від усіх приматів шляхом розвитку. Ці перші гомініди, групи *Australopithecus*, для нападу і захисту навчилися використовувати кістки тварин, дрючки, каміння, які можна вважати першими інструментами пралюдини, в якій виявились вільними від пересування верхні кінцівки. Поступово вони стали заселяти Європу та Азію, переживши кілька льодовикових періодів, які почалися близько 1,5 млн. років тому.

Вік останніх викопних останків належить, на думку вчених, до роду *Номо* (людина) й оцінюється в 2,5 – 1,5 млн. років. Вони були знайдені в Танзанії в 1950 р., а у 1972 р. у Кенії було знайдено череп цієї людини. Цей вид назвали *Номо habilitus* (людина уміла) і на сьогодні він вважається найбільш давнім і примітивним. Кисті рук цієї людини свідчать про розвинуту хватку. Причому поряд із залишками кистей були виявлені примітивні камінні знаряддя.

Біля 1,5 млн. років тому з'явився новий вид гомінідів – *Номо erectus* (людина, що ходить прямо). Зразок кам'яних знарядь цієї людини подано на рис. 1.1.

Ця первісна кам'яна сокира свідчить про новий етап еволюції людини, рештки якої були знайдені на о. Ява в 1891 р. Ці гомініди, що населяли Європу, Азію й



Рисунок 1.1 – Кам'яне знаряддя праці давньої людини

Африку, полювали на великих тварин і першими стали користуватися вогнем для зігрівання та приготування їжі. Об'єм черепа *Номо erectus* складав 900 – 1000 см³ (рис. 1.2 а). Цей вид застосовував ашельські двобічні сокири та мисливські ножі замість кремнієвих знарядь, що дозволило зробити полювання головним джерелом їжі. Найдавніші залишки *Номо erectus* знайдені поблизу озера Туркана (Кенія), однак потім цей вид розповсюдився за межі Африки – на Близький Схід, в Азію та Європу. Зник вид близько 250 тис. років тому.



Рисунок 1.2 – Черепи давньої людини:
а – *Homo erectus*; *б* – неандерталець; *в* – кроманьйонець

Близько 400 тис. років тому вперше з'явився *Homo sapiens* з об'ємом мозку близько 1400 см³. Його пращуром вважається *Homo erectus*. До *Homo sapiens* належить і сучасна людина. Неандертальці (рис. 1.2 б), як представники цього виду, домінували в Європі та Західній Азії 100 – 40 тис. років тому, тобто до і під час останнього льодовикового періоду. Залишки французьких та іранських неандертальців свідчать про різку схожість їхніх культур між собою та культурою сучасної людини. Неандертальці жили в печерах, вміли видобувати вогонь, здійснювали мисливські ритуали та ховали своїх померлих одноплемінників.

Останні залишки неандертальців, які знайдено в Європі, датуються орієнтовно 40 тис. років до н.е., тоді як вік залишків найдавніших кроманьйонців, тобто першого виду сучасної людини (рис. 1.2 в), не перевищує 25 тис. років. Це свідчить про те, що сучасна людина з'явилася в Європі, швидше за все, у результаті переселення, а не подальшої еволюції неандертальців.

З позицій анатомії, сучасна людина, включаючи кроманьйонців, належить до виду *Homo sapiens*, який з'явився на півдні Африки близько 100 тис. років тому. Приблизно 70 тис. років після цього сучасні люди розселилися планетою, і наприкінці останнього льодовикового періоду (близько 10 тис. років назад) затвердилися як панівний вид.

У середині кам'яного віку (120 – 35 тис. років тому) перші гомініди значно змінили свій устрій життя, освоюючи природне середовище й заселяючи не зовсім сприятливі для життя регіони. Кам'яні знаряддя (інструменти) постійно вдосконалювались і вже виконувались збірними. Різальна частина виготовлялась із каменю, а все інше – із більш м'якого, але міцного органічного матеріалу, наприклад, із дерева. З'явилася природна охра, яка спо-

чатку використовувалась для прикрашання тіла, а потім – для малювання на кам'яних плитах як перший матеріал для захисних покриттів [1].

Таким чином, найбільш тривалим і важким культурно-історичним періодом історії людства є кам'яний вік, який закінчився 6 тис. років тому. Його прийнято поділяти на палеоліт (ранній і пізній), середній (мезоліт) та новий (неоліт). За час палеоліту знаряддя змінилося від примітивних до мікролітів. Найбільшим технічним досягненням того часу було добування й підтримування вогню. У середньому кам'яному віці (мезоліті) мікроліти набули високого рівня виготовлення й з'явилися макроліти – кам'яні знаряддя для оброблення дерева, зокрема сокири. Були приручені перші дикі тварини. У неоліті відбулася т.зв. «неолітична революція» – перехід до привласнювального господарства – землеробства та скотарства. У пізньому неоліті (єнеоліті) рілля обробляли дерев'яною мотикою з кам'яним чи кістяним наконечником, пізніше ралом. Зерно на борошно мололи кам'яними жорнами. Для жнивництва використовували кістяні або крем'яні серпи. Почали використовувати худобу як тяглову силу [2].

Кам'яний вік – це дописемний період в історії людства, який широко представлений в Україні (крім олдоватської культури).

Виникає питання щодо точності датування віку окаменіlostей. Сучасний найбільш точний метод для визначення віку органічних речовин називається радіовуглецевим датуванням. Сутність цього методу полягає в наступному. Визначається радіоактивність речовин, що входили до складу живих організмів. Радіоактивний вуглець утворюється в результаті опромінення космічними променями азоту атмосфери. При цьому останній перетворюється на вуглець ^{14}C , який, окислюючись, частково залишається в атмосфері у вигляді CO_2 , а частково розчинюється у воді, звідки потрапляє до тканин рослин і тварин. Оскільки у живому організмі відбувається постійний обмін речовин із зовнішнім середовищем, то співвідношення кількості радіоактивних і стабільних атомів вуглецю у його тканинах таке саме, як і у зовнішньому середовищі. Після смерті організму обмін речовин з цим середовищем припиняється, і кількість вуглецю ^{14}C у тканинах, що збереглися, починає зменшуватись, оскільки вуглець знову перетворюється на азот. Відносно короткий період напіврозпаду пояснює, чому радіовуглецеве датування дає надійні результати в межах 70 тис. років. Порівняння методу з даними стратиграфії та підрахунку річних кілець на деревах показали, що похибка цього методу протягом багатьох століть не перевищує одного року.

Сучасна геологія може також вирахувати вік більш «старших» порід та окаменіlostей, навіть тих, які утворились сотні мільйонів та мільярди років тому, користуючись радіометричним датуванням. Так, період напіврозпаду одного з ізотопів урану за перетворення його на стабільний ізотоп свинцю складає 4428 млн. років, а в іншого ізотопу урану – 713 млн. років. Для порівняння радіоактивний вуглець, про який мова йшла вище, має період напіврозпаду 5570 років [3].

В Україні в VI – V тис. до н.е. виникла Трипільська культура [4]. Про це свідчать у тому числі розкопки знаменитого археолога киянина Вікентія Хвойки біля села Трипілья на Київщині. Трипільці заселяли території від Карпат до Південного Бугу, Придніпров'я, Волинь, Степове Причорномор'я. Вони займались, головним чином, хліборобством, а борошно із зерна пшениці, ячменю, проса отримували за допомогою кам'яних жорен. На часи середнього етапу розвитку трипільці перемістили свої поселення з долин річок на схили чорноземних плато. Поселення укріплювалися валами та ровами. Після виснаження родючості землі площею до 500 га, яка була перед тим удобрена попелом дерев спаленого лісу, ці поселення переміщувалися на нове місце. Житла поселення розташовувалися по колу, їх площа поділялася на окремі приміщення.

Первісне землеробство у період Середнього Трипілья досягло найвищого розвитку. Значно вдосконалилось оброблення кременю, з'явилися майстерні з виготовлення знарядь праці, зросла кількість виробів із міді, які характерні для енеоліту (мідного віку).

Це, крім художніх виробів, риболовні гачки, голки та шила, наконечники стріл для полювання й воєнної справи. Виникає питання, чому мідь (самородна чи добута з мідноносних руд), яка має низьку твердість (у литому стані за Брінеллем близько HB 40), придатна для таких виробів та конкурує зі знаряддями із каменю? Справа в тому, що перші майстри із оброблення металів володіли технікою холодного оброблення міді ударом, тобто примітивного холодного ковальства [5]. Таке оброблення дозволяє вдвічі – втричі підвищити твердість виробів з міді. Нами знайдено пояснення цього явища [6]. Було встановлено, що зміна комплексу фізико-механічних властивостей металу під час холодного пластичного деформування відбувається за рахунок зростання на 3 – 5 порядків густини дислокацій, а також формування текстури.

Разом з тим, мідь самородного походження рідко зустрічається на по-

верхні землі. У V тис. до н.е. почалося розроблення окислених мідних руд, жили котрих виходили на поверхню [7]. Дещо пізніше розроблялись сульфідні руди міді, а починаючи з IV тис. до н.е., використовувались підземні родовища. Так, на Балканському півострові шахти досягали глибини 27 м. Далі, після збагачення, сульфідна мідна руда перед плавленням обпалювалась на вогнищах.

За мідним віком настав бронзовий. Перша згадка про бронзу відома з шумеро-акадської літератури «Гімн богові вогню». Щонайдавніші вироби із бронзи знайдені в Месопотамії та Південному Ірані в середині IV тис. до н.е., потім у Єгипті та Малій Азії наприкінці цього тисячоліття. У III тис. до н.е. ці вироби розповсюдились на південь Європи, включно Україну, а починаючи з II тис. до н.е. на решту Європи та Китай [8].

З V тис. до н.е. стали відомими срібло та золото. Тому першим металевим сплавом став *білон* – сплав міді зі сріблом, який використовувався для прикрас [7]. Миш'якові сплави на мідній основі відомі з IV тис. до н.е. Однак олов'яні бронзи (мідь + 1 – 10% олова) завдяки легкоплавкості, міцності, твердості (НВ 60–70), ливарним та антикорозійним властивостям стали широко використовувати після лиття у форми з піску, каменю й дерева, а також із воску, для отримання зброї, інструменту, знарядь праці й художніх та ювелірних виробів.

Бронзовий вік в Україні має три стадії: ранній 30/28 – 23 ст. до н.е.; середній 23 – 17 ст. до н.е. та пізній 17 – 10/9 ст. до н.е. Сировинною базою для бронзових виробів в Україні служили Балкано-Карпатський, Північно-Кавказький та Приуральський регіони, а також родовища Донбасу й Волині. Від XII ст. до н.е. починається криза бронзового виробництва через дефіцитність, важкодоступність і дорожнечу складових. Тому бронза не могла повністю витіснити кам'яні знаряддя.

У бронзовий вік завершився розвиток орного землеробства, спеціалізованих майстерень для виготовлення серпів, почалося використання упряжного коня та колісниць, виникла парна сім'я.

Залізний вік – це остання доба в археологічній періодизації історії людства, яка продовжується й нині. Перше знайомство людини із залізом, яке приносили метеорити, відбулося III тис. р. до н.е. Спочатку його називали небесним металом і на древніх фресках зображали блакитним. Поодинокі знахідки заліза характерні для Месопотамії.

В Україні розрізняють такі перші періоди залізного віку: передскіфсь-

кий (кімерійський) – IX – перша половина VII ст. до н.е.; скіфський – друга половина VII ст. до н.е. – початок III ст. до н.е.; сарматський – кінець III ст. до н.е. – IV ст. н.е. [9].

Широке розповсюдження заліза, у першу чергу, пояснюється близькістю залізної руди до поверхні землі (болотна руда навіть виходить на поверхню) та великим обсягом цієї руди. Перші технології отримання заліза (маловуглецевої сталі або криці) були, на відміну від лиття бронзи, засновані на обробленні тиском (куванні) та наступному збагаченні вуглецем твердою цементацією. Відновлення руди стало можливим за температур, близьких до 900 °C, після винайдення сиродутного способу (Єгипет, близько 1580 р. до н.е.).

Після переходу до відтворювального господарства (скотарства, землеробства) залізо стало другим найважливішим фактором (підґрунтям) для розвитку техніки. Були винайдені залізні пила, ножиці, терпуг, струг, циркуль, сокира для вирубування лісів під землеробство, наральники для плугу і борони, а також нове спорядження воїна (меч, кинджал, доспіхи, дротики). У давній Греції були винайдені в V ст. до н.е. металеві деталі ручних жорен, у I ст. до н.е. вітряки, деталі возів, колісниць, кораблів, гончарного круга. Кельти винайшли шпори та підкови для коней.

Залізний вік започаткував появу нових цивілізацій і нової філософії, в основі якої – менша залежність особистості від держави. Виник новий господарсько-культурний феномен – кочівництво, тобто екстенсивне розведення худоби. Кочівники були агресорами, оскільки мали добру залізну зброю, і, що надзвичайно важливо, – залізну вуздечку для коня [7, 9 – 12].

Слід відзначити, що залізні вироби є складним об'єктом для учених, оскільки ці вироби погано зберігаються в середовищах, що містять кисень. Адже відомо, що цей елемент є надзвичайно агресивним до заліза, перетворюючи його знову на залізну руду.

1.1.2. Великі винаходи древності, середньовіччя та мануфактурного періоду

Розвиток техногенної цивілізації в подальшому відбувався таким чином. Після неолітичної революції, в результаті якої людина прийшла до виробничого господарства та винайшла лук, стріли, зернотерки (жорна), кераміку і т. ін., засвоїла ткацтво, плетіння, виробництво перших суден і вуздечку, відбулися значні технічні досягнення в річкових цивілізаціях Давнього

Сходу. У Шумері, Вавилоні, Ассирії, Єгипті, Індії та Китаї набула розвитку організація громадських робіт, в результаті чого почалося будівництво храмів, палаців, зрошувальних систем, іригаційних споруд та водопіднімальних пристроїв та обладнання. У цей період відбулося відокремлення ремесла від землеробства. Винайдено колесо, упряж, гончарне коло та ручний ткацький верстат. Розвиток торговельних зв'язків призвів до піднесення кораблебудування та використання паруса як рушія судна. Виникають писемність, рахунок та календар і вавилонська математика.

Сприятливі географічні та кліматичні фактори Греції та Риму як античних цивілізацій Середземномор'я призводять до розповсюдження залізних (сталених знарядь) та інструментів, інтенсифікації землеробства й подальших успіхів у скотарстві. Відбувається спеціалізація ремесел, освоюється обертальний рух. Створюються знаряддя, механізми та машини для будівництва, сільського господарства, гірничої та військової справи. Торговий обмін та завоювання Олександра Македонського (правив у 336 – 323 р.р. до н.е.) спричиняють взаємні контакти зі Сходом [10].

До цього часу належить діяльність великого інженера Древності Архімеда (близько 287 – 212 рр. до н.е.) (рис. 1.3) [13]. Він є одним із тріади видатних вчених усіх часів, хто своїми працями як учений та інженер вплинув на розвиток і прогрес світової цивілізації (Архімед, Ньютон і Дарвін). Архімед зробив важливий внесок у математику, практичну механіку, фізику та астрономію. Під час другої Пунічної війни (218 – 201 рр. до н.е.) він керував обороною рідного міста Сіракуз (о. Сицилія) в якості військового інженера на стороні Карфагену.

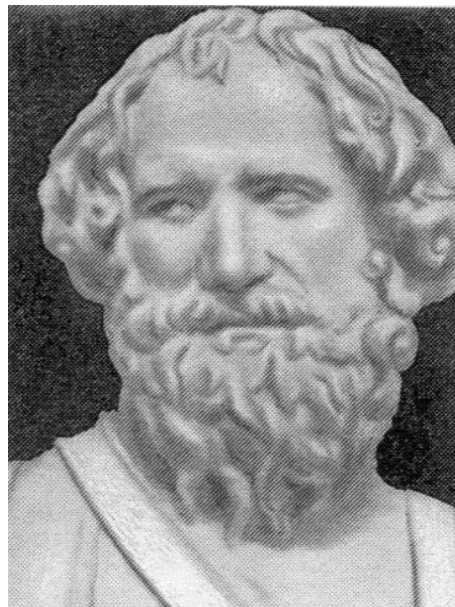


Рисунок 1.3 – Архімед

Не характеризуючи тут праці Архімеда з математики, фізики, астрономії тощо, коротко зупинимося на його відкриттях у галузі техніки. Він винайшов коловорот (водопідіймний механізм), т. зв. «архімедів гвинт», суть якого полягає в тому, що «безкінечний» шнек, який обертається в трубі, зачерпує воду й піднімає її вгору. Архімеду належать роботи із вивчення опуклих та увігнутих дзеркал. Він також винайшов редуктор – пристрій з декількох зубчастих коліс, що дозволяє отримувати під час піднімання вантажів

або їх переміщення величезну перевагу в силі. Крім того, він побудував машину для зрошування полів, систему важелів, як систему блоків для підняття вантажів (піднімальні крани й поліспасти) та військові металеві апарати. Архімед увійшов до історії і як геніальний військовий інженер та винахідник. Під його керівництвом сіракузці побудували бойові військові машини, які допомагали захищати місто від римлян. Так, під час атаки римлян у 214 р. до н.е. із суші й моря сухопутна армія римлян була обстріляна градом металевих снарядів і великим камінням. На ворожі кораблі опускалися закріплені на стінах бруси й топили їх, або піднімали, схопивши залізними руками, витягували носом із води, а потім кормою вниз пускали на дно.

У IX – XI ст. роботи Архімеда перекладаються арабською мовою, а з XIII ст. вони з'являються в Західній Європі на латині. Перше видання інженера з'являється в Росії в 1825 р.

Паралельно з механікою були відкриті й досліджені деякі закони фізики. Так, Фалес Мілетський спостерігав притягання магніту й наелектризованих тіл. Евклід установив закони відбиття світла в дзеркалах. Переломлення світла дослідив Птоломей. Нарешті, було створено вчення про атоми (Левкіпп та Демокріт). Герон Александрійський (середина I ст. до н.е.) запропонував порожню кулю, закріплену на осі, яка оберталася за допомогою водяної пари із додаткового резервуару. У кулю було вставлено дві трубки із загнутими у протилежні боки кінцями (рис. 1.4). Тобто, це були перші відомі досліді з реактивного руху [14].

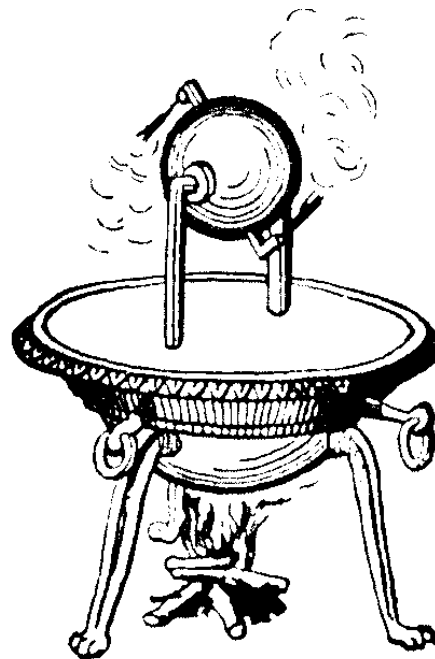


Рисунок 1.4 – Парова турбіна Герона Александрійського

У пристроях управління й у автоматах Герон застосував зубчасті та черв'ячні передачі. Йому вдалось створити безвідмовно діючі автомати, що управляють із заданими перервами рухом усіх фігур театру-автомату. Принципи дії механізмів, які приводились до руху силою падаючих тягарів, струменів води та пари Герон виклав у своїх книгах.

У римській імперії на зламі тисячоліть було створено низку воєнних машин (рис. 1.5).

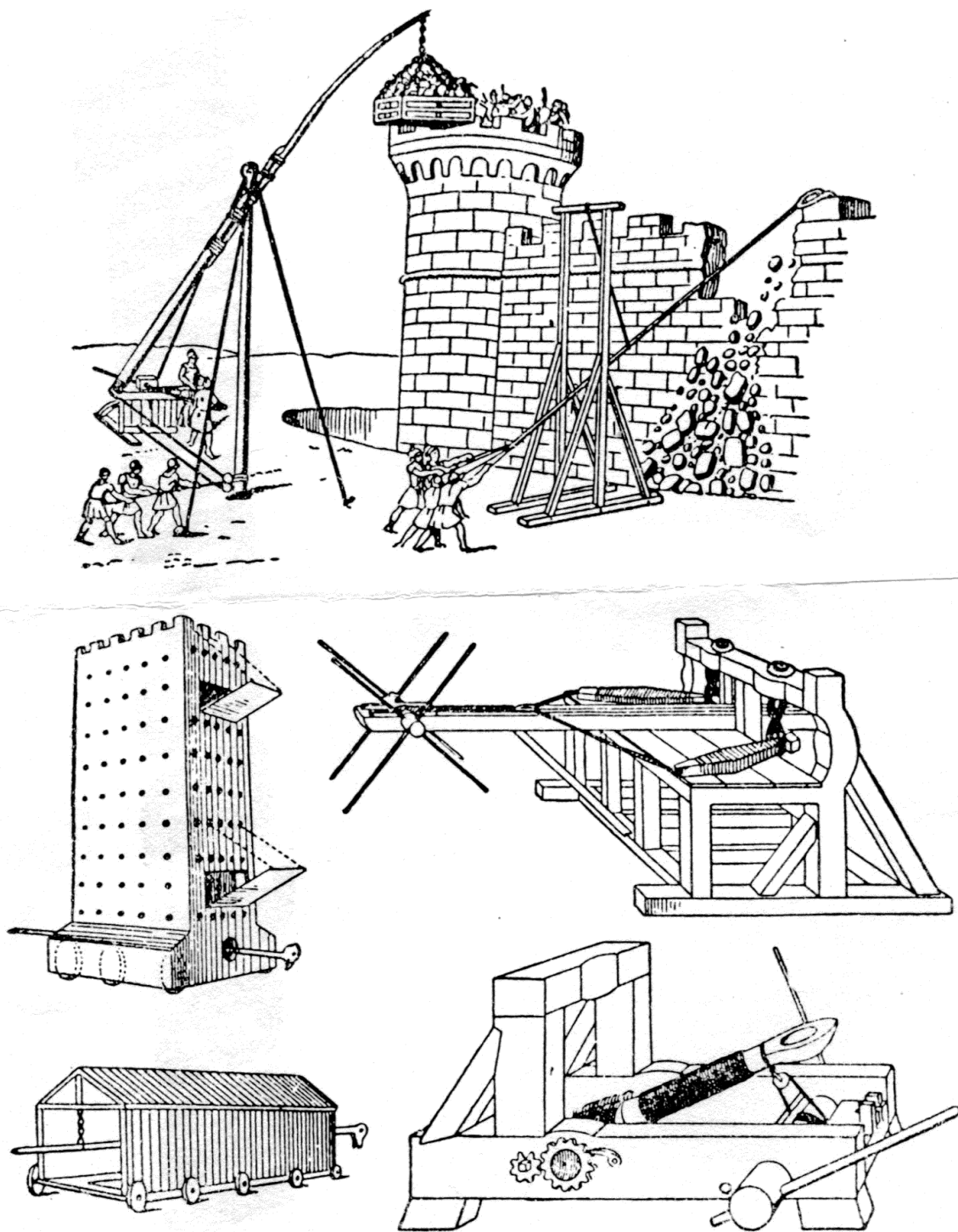


Рисунок 1.5. – Приклади воєнних машин Греції і Риму

У результаті постійної колонізації було вдосконалено техніку бою та флот. Будувалися міста, дороги, мости, акведуки. З'явилися перші водяні млини.

У Західній Європі в період цивілізаційного перелому II – X ст. н.е. виникли замки. Кінні рицарі мали залізне озброєння, лати і стремена. У результаті хрестових походів відбувався взаємовплив культур Заходу та Сходу.

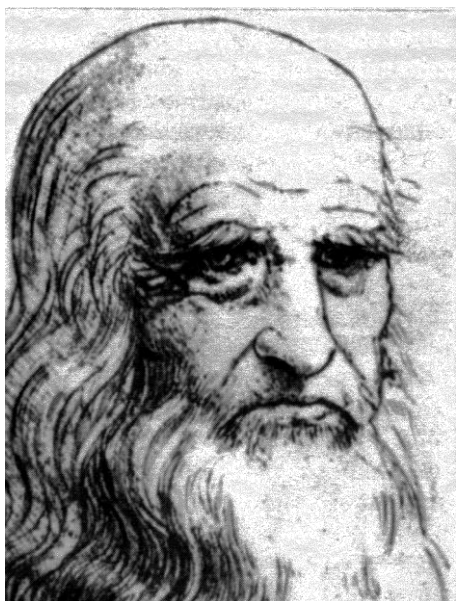


Рисунок 1.6 – Леонардо да Вінчі

В Європі стали відомі великі винаходи Східних цивілізацій: арабські цифри, компас, порох, папір, шовк. Виникають навігаційні прилади, кормовий руль, механічний годинник (XIII ст.), окуляри (Венеція, 1285 р.), досліджується порох та налагоджується його виробництво для артилерії та вогнепальної зброї. Будуються перші вітряки.

В епоху відродження виникають придворні науки, академії, школи та майстерні. Низка винаходів у галузі техніки в цей час належить Леонардо да Вінчі (рис. 1.6).

Це, зокрема, гідравлічні машини, кінематичні схеми верстатів, вертолiт, фреза тощо. Ці винаходи зображені ним у вигляді рисунків (наприклад, рис. 1.7).

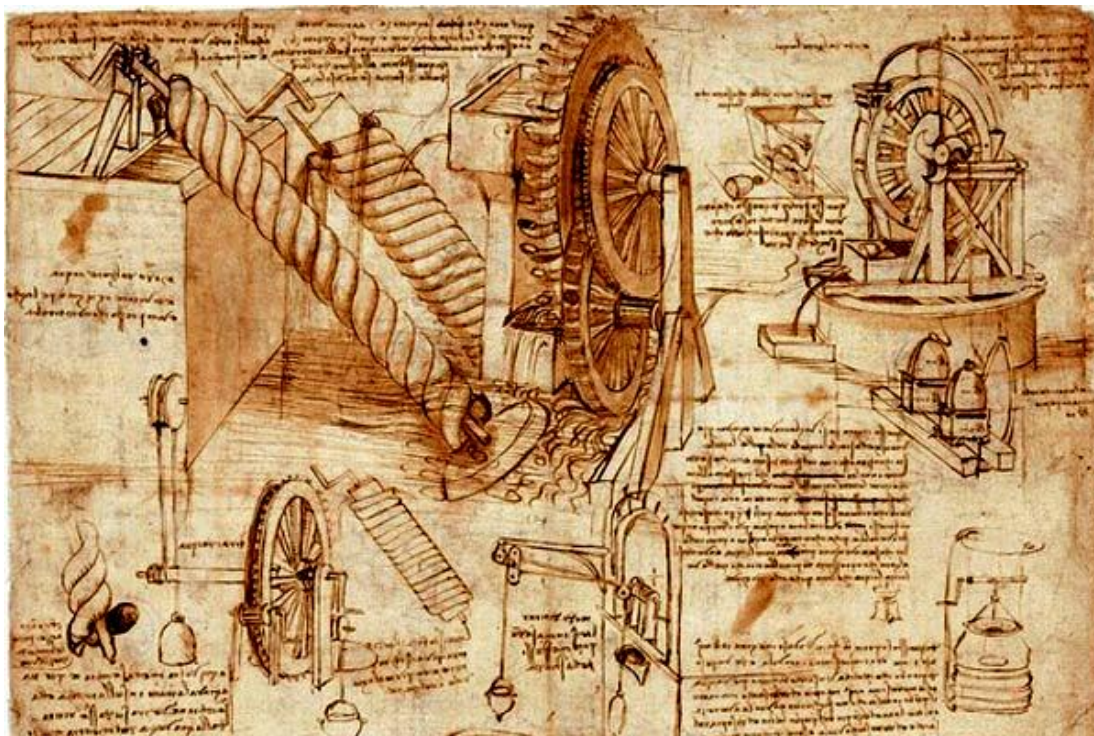


Рисунок 1.7 – Приклади механізмів Леонардо да Вінчі

Кінець XVI ст. і перша половина XVII ст. відзначились створенням низки нових приладів, що дозволило проводити систематичні та системні досліді. З цього приводу Ф. Енгельс відзначив [15]: «Коли після темної но-

чі середньовіччя раптом відроджуються з неочікуваною силою науки, що починають розвиватися з чудовою швидкістю, то цим чудом ми знову таки зобов'язані виробництву. По-перше, з часів христових походів промисловість колосально розвинулась і спричинила масу нових механічних (ткацтво, млини, годинникову справу), хімічних (фарбувальну справу, металургію, алкоголь) і фізичних фактів (окуляри), які дали не тільки величезний матеріал для спостережень, але також і зовсім нові, ніж раніше, засоби для експериментування й дозволили сконструювати нові інструменти. Можна сказати, що власне систематична експериментальна наука стала можливою лише з цього часу». Далі про взаємини науки і виробництва Ф.Енгельс пише: «До цього часу виставляють хвалькувато напоказ тільки те, чим виробництво зобов'язане науці, проте наука зобов'язана виробництву нескінченно більшим» [15].

XVII ст., за словами В.І. Вернадського, стало початком нового часу, входження в історію людства нової міцної сили – наук про природу й тісно з ними пов'язаної математики [13]. Творцем і послідовним провідником експериментального методу дослідження став Галілео Галілей (1564 – 1642 рр.) (рис. 1.8).

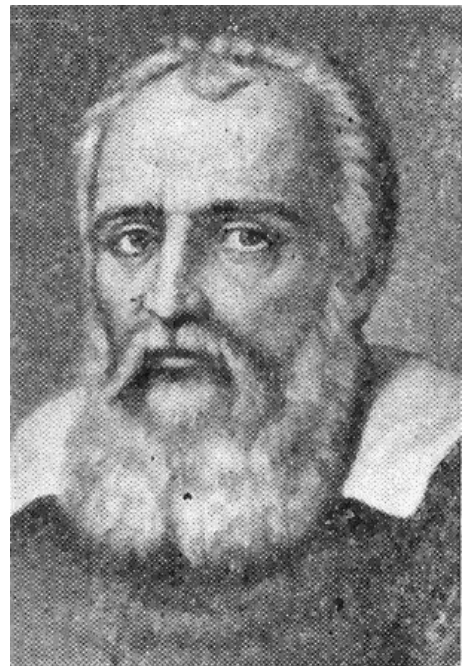


Рисунок 1.8. – Галілео Галілей

У 1592 р. він одержав кафедру математики в Падуї. На відміну від чисто емпіричних дослідів його попередників, Галілей інтерпретував явища, очищаючи їх від усіх збурювальних причин. Він намагався побачити в неточних експериментальних

даних математичні закони, зв'язуючи величини, що характеризують явище, передбачити нові експерименти для підтвердження сформульованих законів, йти далі за допомогою дедуктивного методу. Тільки експеримент і чіткі міркування він уважав критерієм істини.

Галілей створив перший термометр, гідростатичні терези, маятниковий годинник, мікроскоп, телескоп (зорові труби) (рис. 1.9).

Найбільший громадський інтерес та резонанс у суспільстві викликали астрономічні відкриття та публікації Г. Галілея. Використавши винайдений ним оптичний телескоп (1609 р.), він розкрив природу Чумацького шляху,

дослідив ландшафт Місяця, відкрив супутники Юпітера, знайшов наглядні докази геліоцентричної системи Коперника. Це було в 1632 р. опубліковано в праці «Діалог про дві найголовніші системи світу – птоломеевській і коперніковській» (рис. 1.10).

Ця публікація і взагалі діяльність Г. Галілея радикально змінили світосприйняття широкої громадськості та вплинули на виникнення нового стилю наукового мислення.

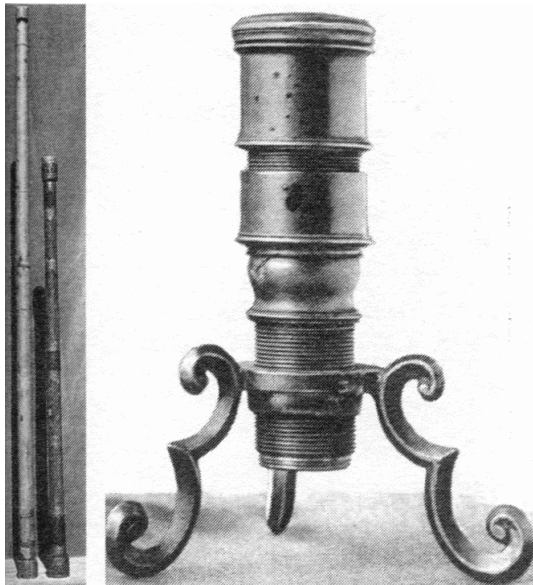


Рисунок 1.9 – Телескопи (зліва) та мікроскоп Г. Галілея

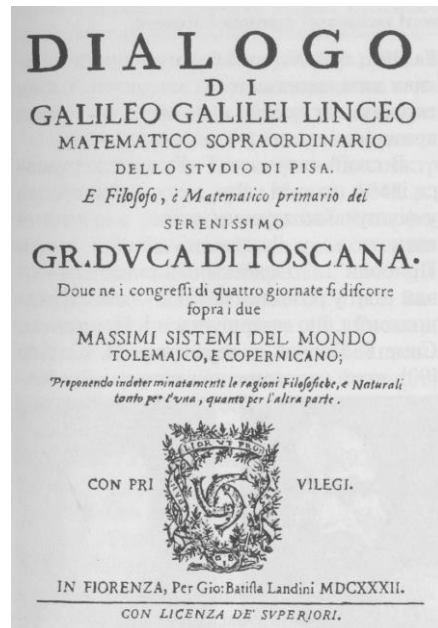


Рисунок 1.10 – Праця Г. Галілея

Г. Галілей підготував шлях І. Ньютону (1643 – 1727 рр.), який завершив створення механіки як науки про механічний рух матеріальних тіл і взаємодії між ними (80-і рр. XVII ст.).

Таким чином, наприкінці XVII ст. виник індуктивний метод в науці, який передбачав поєднання досліду й розуму.

До початку XVII ст. належить таке видатне явище в історії науки і техніки України, як започаткування Києво-Могилянської академії (заснована в 1615 р. за сприяння гетьмана П. Конашевича-Сагайдачного, з 1632 р. – Києво-Могилянська колегія, з 1701 р. – академія). Це один з найдавніших університетів Східної Європи.

Отже, наприкінці XVII ст. – на початку XVIII ст. закінчується мануфактурний період в історії розвитку прикладних технічних наук, заснований на використанні гідросилового обладнання, коли основним двигуном є водяне колесо.

1.1.3. Техніка індустріального суспільства. Універсальні двигуни

Проте основний недолік водяного колеса як двигуна полягав у його прив'язці до ріки, тобто наявності водного потоку певної швидкості та продуктивності, а також географічних особливостей місцевості. Про використання водяного колеса у важкодоступних місцях, у пустелях та в умовах низьких температур тощо не могло бути і мови.

У другій половині XVIII ст. – на початку XIX ст. відбувається перехід від аграрного до індустріального суспільства. Передусь тут Англія, де в результаті притоку бавовни із північноамериканських колоній спочатку спостерігається технічна революція в текстильній промисловості. Виникає система робочих машин та в результаті досягнень хімії створюється нова технологія оброблення тканин, яка включає білильне, фарбувальне й ситцедрувальне виробництва. Набувають подальшого розвитку гірнича справа та металургія.

Промисловість потребує універсального двигуна, що приводив би до руху машини широкої номенклатури. Тому спочатку увагу тодішніх винахідників і технічних спеціалістів привернула стиснута пара. Адже розклад нафти, яка була відома з древності як «кров землі», на складові методом возгонки чи крекінгу був ще попереду. Отже, і попереду (у другій половині XIX ст.) було створення двигуна внутрішнього згоряння (поршневого та газотурбінного). Електродинаміка, що є основою електродвигунів, на початок XIX ст. робила тільки перші кроки.

Створення універсального парового двигуна (двигуна теплового зовнішнього згоряння) шотландцем Джеймсом Уаттом (1736 – 1819 рр.) (рис. 1.11) має свою попередню історію, яку можна подати таким чином.

Систему «дерев'яний циліндр – шкіряний поршень» використовував ще Герон Александрійський та ін. інженери древності для нагнітання води або повітря. Ця система після винаходу клапана перетворилася на насос [14]. У 1690 р. Папен, нагріваючи воду в циліндрі, отримував пару, яка рухала поршень. Порожнистий поршень з циліндром Папена

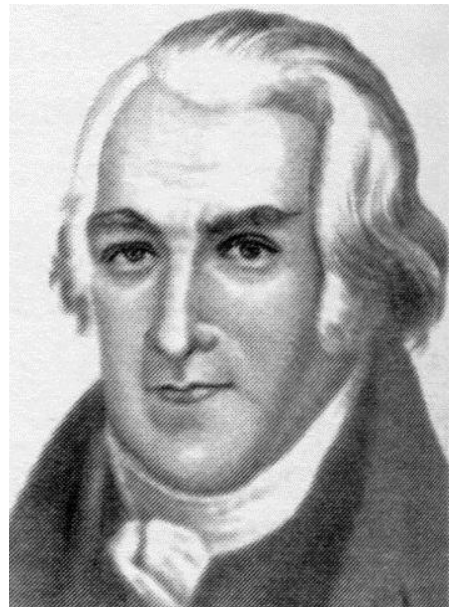


Рисунок 1.11 – Джеймс Уатт

(1707 р.) є і на сьогодні універсальним вузлом двигунів усіх типів.

У 1711 р. Томас Ньюкомен удосконалив машину свого попередника, відокремивши насос від котла. У 1729 р. машини Ньюкомена працювали в кількох європейських державах, головним чином, для відкачування води з вугільних шахт. Англієць Смітон своїми дослідженнями довів машину Ньюкомена до граничних можливостей у теплоенергетиці. Один з його двигунів потужністю понад 75 к.с. мав діаметр циліндра 1,8 м з ходом поршня майже 3 м.

Починаючи з 1757 р., механік університету (м. Глазго) Джеймс Уатт досліджував властивості водяної пари. Він знайшов головну причину низької ефективності машини Ньюкомена, яка полягала в конденсації пари в циліндрі після кожного ходу поршня, тобто непродуктивної витрати частини пари. Нововведення Уатта полягало в розміщенні циліндра в паровій оболонці, а конденсація пари здійснювалась у самостійному холодному конденсаторі. Побудовані винахідником машини (1776 р.) використовувалися для відкачування води з шахт у ливарній та текстильній галузях. У 1787 р. Джеймс Уатт створив нову парову машину, де, перш за все, було розв'язане питання перетворення зворотно-поступального руху на обертальний (паралелограм Уатта). Було розв'язано також і динамічні питання: введення пари з обох боків поршня, використання маховика і відцентрового регулятора, індикатора тощо. Парова машина стає високо економічним універсальним двигуном (рис. 1.12). Джеймс Уатт уперше запровадив поняття «кінської сили» для характеристики потужності двигуна.

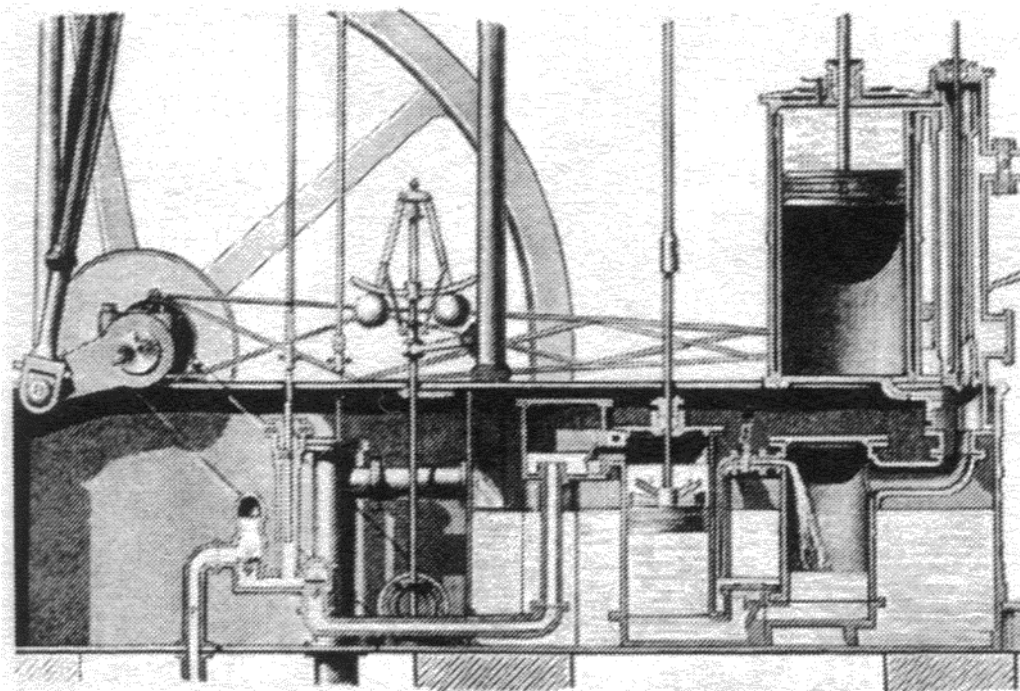


Рисунок 1.12 – Машина Уатта (у розрізі)

Подальший розвиток парової машини був зумовлений тими технічними й економічними вимогами, яким вона мала задовольняти [2]. Машина Уатта була задумана як стаціонарна установка, і тому з початку успішно застосовувалась у гірничорудній, машинобудівній та текстильній промисловості. Проте ця машина характеризувалася великою витратою палива і тому була малопридатною для такого мобільного засобу транспорту як пароплав, який сам мав на собі везти потрібне паливо. Забігаючи наперед, слід зазначити, що саме через це перші пароплави були придатні лише для річок та каботажного плавання.

Творцем першого практично придатного пароплава був американський винахідник ірландського походження Роберт Фултон (1765 – 1815 рр.) (рис. 1.13). Він побудував на кошти американського дипломата Лівінгстона у Франції ще недосконалий пароплав, проте який у 1803 р. пройшов р. Сеною проти течії на очах у Наполеона та інших видатних членів Паризької академії наук кілька кілометрів. Однак це не справило на них необхідного враження. У результаті імператор і його міністри відмовили винахіднику в коштах на подальшу роботу. Після



Рисунок 1.13 – Роберт Фултон

цієї невдачі Р. Фултон, повернувшись до США, у 1807 р. побудував більш досконалий варіант колісного пароплава – «Клермонт». Довжина судна складала 43 м, тоннаж – 15 т, потужність парового двигуна – 20 к.с. Перший рейс «Клермонта» р. Гудзон склав 278 км і за наявності зустрічного вітру та течії тривав 32 години. Успіх Р. Фултона сприяв розвитку пароплавства в промислово розвинутих державах: у 1836 р. в Англії було понад 500 пароплавів, а у 1840 р. у США – більше 1000 [7].

Подальше вдосконалення морського флоту полягало в масовому використанні сталі в будівництві корпусів суден (40-і роки XIX ст.) та переході до металевих гребних гвинтів. У 1843 р. гвинтовий металевий пароплав «Great Britain» уперше переплив Атлантику. Між іншим, переваги гребного гвинта спочатку теоретично були обґрунтовані Ейлером і Бернуллі.

Однією з головних причин нищівної поразки Росії в Кримській війні (1853 – 1856 рр.) було те, що російський флот мав лише колісні кораблі. У

той же час металеві пароплави противника (Англії, Франції, Туреччини та Сардинії) були швидкохідними гвинтовими. Слід зазначити, Тарас Шевченко повертався із заслання в 1857 р. після загадкової смерті царя Миколи I (1856 р.) по Волзі проти течії з Астрахані до Нижнього Новгорода на колісному пароплаві «Князь Пожарський» протягом місяця [16].

Поліпшення якості парового котла дозволило створити двигун спочатку подвійного, а потім потрійного розширення. Подвійне розширення пари збільшувало економічність котла, оскільки за одинарного розширення відпрацьована в циліндрі пара випускалася в атмосферу, а за подвійного – ця пара надходила в другий циліндр більшого діаметра, виконуючи корисну роботу. Сконденсована з пари вода була дистильованою, на відміну від агресивної морської, тобто цикл роботи пари ставав замкнутим. Підняття тиску до 1,6 МПа дозволило підняти коефіцієнт ККД і з 1881 р. використовувати на суднах парові машини потрійного розширення.

Слід зазначити, що вдосконалення морського флоту почалося зі флоту військового, який за 20 років отримав принципово нову оснастку. У другій половині XIX ст. були створені броньовані кораблі водомісткістю 8 – 9 тис. т. за потужності двигунів до 8 тис. к.с.

Іншим прикладом застосування парової машини для засобів транспорту був паровоз, створення й розвиток якого вимагали низку кардинальних рішень. Найголовніше з них полягало в тому, що стаціонарна парова машина мала занадто велику вагу відносно до кількості енергії, яку вона могла дати. Там, де потрібна була не велика вага й одночасна висока продуктивність, необхідний був паровий двигун нового типу. Вирішення проблеми, як показав англійський винахідник Р. Тревітік у 1801 р., полягало у створенні двигуна високого тиску без конденсатора з випуском відпрацьованої пари в атмосферу [2]. Двигун паровоза Р. Тревітіка мав один горизонтально розміщений паровий циліндр, а рух поршня шатуном і кривошипом через систему зубчастих коліс передавався тяговим колесам (рис. 1.14).

Машина Тревітіка була успішно випробувана в 1803 – 1804 рр. при швидкості близько 9 км/год. Цей паровоз перевозив 10 т металу та 70 пасажирів. Заслуга винахідника також полягала в тому, що він використав прямий привід на гладенькі колеса, які котилися по гладеньких же рейках.

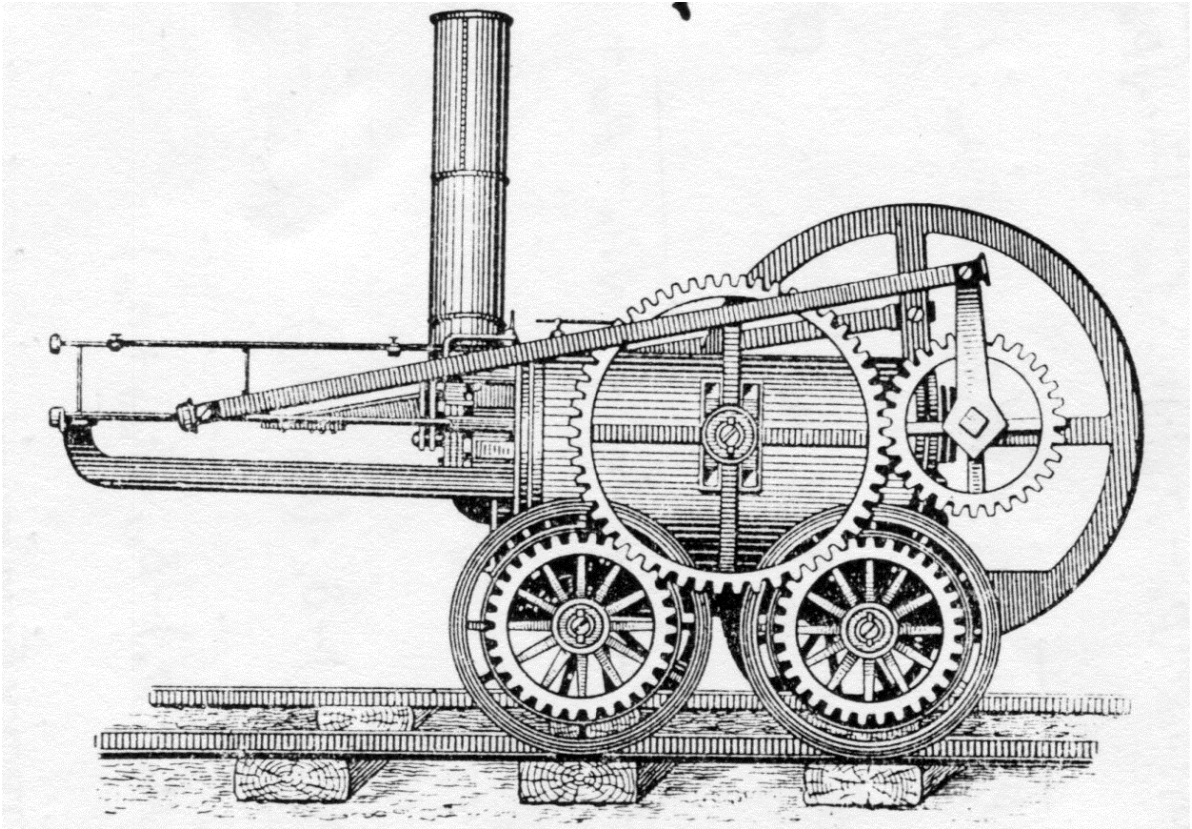


Рисунок 1.14. – Паровоз Тревітіка

Вагомий внесок у розвиток парового транспорту зробив англійський винахідник Джордж Стефенсон (1781 – 1848 рр.), який у 1814 р. випробував свій перший паровоз, що перевозив вантаж 30 т. (рис. 1.15). На 1825 р. уже працювало 16 побудованих ним паровозів. Головний винахід Дж. Стефенсона полягав у тому, що відпрацьована спрямовувалася у димову трубу, завдяки чому посилювалася тяга, а значить, і потужність машини. Таким чином, була досягнута феноменальна швидкість – 35 км/год, що перевищувало швидкість коня. Загальновизнаною є перемога паровоза «Ракета» Стефенсона в 1829 р. на Рейнхільських змаганнях на новій залізниці Ліверпуль – Манчестер. У 1830 р. було закінчено будівництво цієї залізниці довжиною 45 км з 63 мостами й тунелями довжиною до 2 км.



Рисунок 1.15 –
Джордж Стефенсон

У 1831 р. у США почала діяти перша залізниця довжиною 64 км, а у Франції – у 1832 р., Бельгії та Німеччині – у 1835 р., Австрії – у 1837 р. були побудовані залізниці. У Росії перша двоколійна залізниця між Петербургом

і Москвою (Миколаївська) була відкрита у 1851 р. Цією залізницею у квітні 1861 р. перевозили померлого в Петербурзі Тараса Шевченка для перепоховання у Каневі. Далі шлях труни з тілом поета пролягав кіньми поштовим трактом: Москва – Серпухов – Тула – Орел – Глухів – Батурин – Ніжин – Козелець – Бровари – Київ і пароплавом по Дніпру до Канева.

Отже, залізничного зв'язку, а значить надійного забезпечення війська, на початок Кримської війни (1853 – 1856 рр.) у Південно-Західному напрямку в Росії тоді ще не було. Це також одна з причин поразки останньої в цій війні.

Світове будівництво залізниць у 50 – 60 і роки проводилося інтенсивно, причому в 1869 р. була побудована перша трансконтинентальна залізниця – від Нью-Йорка до Сан-Франциско. Транссибірська магістраль, яка зв'язала центр Росії з Сибіром і Далеким Сходом, почала експлуатуватись на усій своїй довжині (7400 км від Челябінська до Владивостока) у 1905 р. Щоб здешевити будівництво дороги, царський уряд дозволив сибірському комітету використовувати дармову працю солдатів, арештантів, каторжан і засланих. Зазначимо, що цей досвід у незрівнянно ширших масштабах використовувався в СРСР без будь-яких дозволів під час виконання великих комуністичних будівництв. У Росії з середини 90-х років XIX ст. функціонувало 8 паровозобудівних заводів, у тому числі Харківський і Луганський.

Найпоширенішими типами паровозів, що використовувались з 70-х років XIX ст. були три- та чотириосьові локомотиви (рис. 1.16, 1.17) [17].



Рисунок 1.16 – Американський локомотив для вантажоперевезень залізниці Вирджинія–Траки (1872 р.)

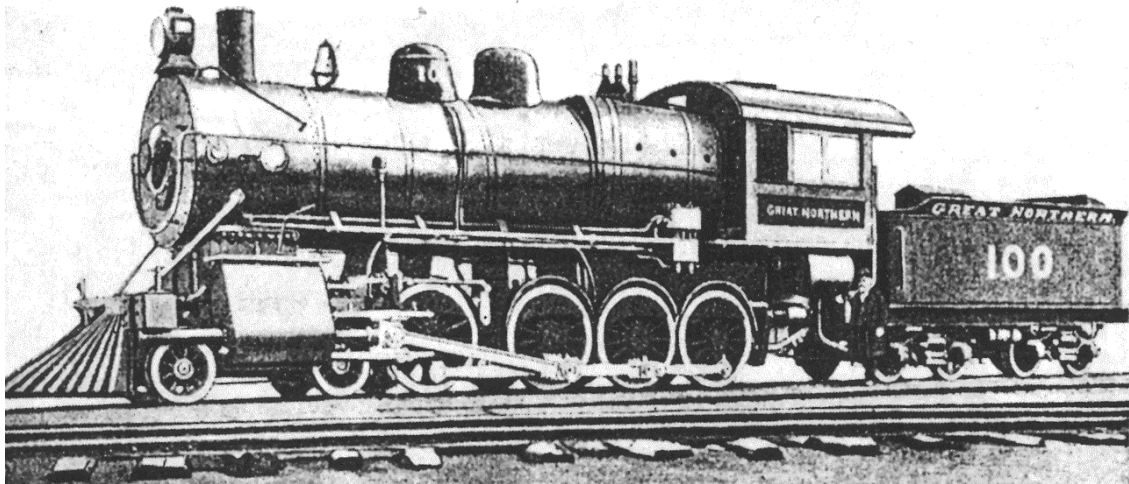


Рисунок 1.17 – Американський локомотив (1898 р.)

Потужність паровозів становила 300 – 400 к.с., вага в робочому стані – 32 – 37 т, швидкість до 80 км/год. На паровозах установлювали горизонтальні циліндричні котли діаметром 1200 – 1400 мм зі 160 – 180 латунними димогарними трубами, топки були мідними. Максимальний тиск пари в котлах коливався від 0,8 до 1 МПа. На рамі паровоза встановлювали двоциліндрову парову машину одноступінчатого розширення. Два чавунні парові циліндри діаметром 394 – 460 мм мали довжину ходу поршня 553 – 620 мм. Діаметр коліс товарних паровозів становив 1200 – 1418 мм, пасажирських – 1520 – 1728 мм. Паливо та вода розміщувались на причіпних тендерах.

Ідея створення чотириосьового паровозу («державного запасу») належить Дж. Стефенсону (1846 р.). Конструктивною особливістю цього паровозу є збільшення довжини димогарних труб, завдяки чому досягається повніша утилізація тепла. Однак різке підвищення економічності паровозів було досягнуте завдяки застосуванню компаунд-машин, що створювали подвійне розширення пари. Це були машини подвійної дії, у яких пара, відпрацювавши в одному циліндрі, переходила в циліндр більшого діаметру. Ця система (автори: 1850 р. – Д. Нікольсон, 1876 р. – А. Маллет) дозволила заощаджувати до 25% палива. У 1888 р. в Англії було створено паровоз системи дуплекс-компаунд, що мав дві двоциліндрові машини. У Київських залізничних майстернях у 1882 р. була встановлена на паровозі перша в Росії компаунд-машина.

Тиск однієї колісної пари локомотива на рейку на початку ХХ ст. складав 13 – 15 т, а для залізниць з посиленням рейковим полотном сягав 17 т. Гальмо американського винахідника Д. Вестингауза (1869 р.) після автоматизації (1872 р.) стало основним на залізничному транспорті. Почина-

ючи з 70-х років XIX ст., основним паливом паровозів замість дров стало вугілля низького сорту.

Вивчаючи історію паровоза, не можна обійти проблему залізничної колії. Рейкову колію утворюють дві сталеві балки спеціального профілю, які розміщені на певній відстані між собою та скріплені зі шпалами. Типи залізничних рейок Р50, Р65 і Р75 (число означає приблизну масу 1000 мм рейки у кг), а стандартна довжина – 25 м. Матеріал рейки – термооброблена високовуглецева марганцева сталь з твердістю поверхні катання голівки 212 НВ. Перші чавунні рейки замість дерев'яних з металевою поверхнею катання були виготовлені в Англії в 1768 р., а катані сталеві повсюдно використовуються в економічно розвинутих країнах з другої половини XIX ст. В Україні залізничні рейки виготовляють на рейко-балкових станах металургійних заводів Дніпродзержинська (Кам'янського) та Маріуполя.

Залізничне сполучення на зламі XIX – XX ст.ст. вийшло на швидкості понад 100 км/год, а потяги важили сотні тонн. Паровозобудування досягло свого вищого технічного розвитку. Проте, незважаючи на наміри вчених та конструкторів підвищити економічність паровоза, ККД останнього не перевищував 3 – 4%. Крім того, паровий транспорт використовував багато вугілля та води, а також викидав у атмосферу недопустиму з позиції екології кількість діоксиду вуглецю (вуглекислого газу). Тим не менш, ще на початку 60-х років XX ст. на цукрових заводах Вінниччини ще можна було зустріти парову поршневу машину Уатта, яка використовувалась для виробництва електроенергії.

Виробництво енергії було революціонізовано в 1884 р., коли англієць Чарльз Парсонс винайшов парову турбіну, а через десять років побудував судно з приводом від неї [2, 13]. Цей корабель розвивав швидкість до 60 км/год., а після 1900 р. турбіни почали встановлювати навіть на великих трансатлантичних лайнерах. Вагомий внесок у розвиток турбінобудування зробив шведський інженер і винахідник К.Г.П. де Лаваль (1845 – 1913 рр.), за національністю француз. У 1889 р. він винайшов і збудував парову турбіну активного типу; розробив теорію сопла, відомого сьогодні як сопло Лавалю; упровадив гнучкий вал; диск рівного опору; розширене сопло та ін. елементи турбіни, які застосовують і в сучасних турбінах. Таким чином, поршнева парова машина отримала гідного конкурента. На сьогодні відомі також гідро- і газові турбіни, які, разом з паровими, широко застосовуються.

Повертаючись назад, слід сказати про внесок науки в теорію теплового

двигуна, тобто в широкому розумінні в термодинаміку. Основи цієї науки закладені Саді Карно (1796 – 1832 рр.), який отримав інженерну освіту, а потім викладав у новій Паризькій політехнічній школі, що була заснована в 1794 р. [2, 18]. С. Карно презентував парову машину, до якої входить тепло високої температури, а виходить за низької температури. Якби у ході цього процесу не було втрат, то ми мали б максимум можливої роботи. Перевіркою цього була «зворотність» машини, тобто здатність знову підняти низьку температуру до початкової високої. С. Карно показав, що наявність за оптимальної умови «зворотності» тільки частини тепла, що надавалась машині, могла бути перетворена на корисну роботу. Таким чином, тепло може створювати роботу тільки за наявності різниці температур. Пізніше це було названо другим законом термодинаміки. Проте це відкриття механічного еквіваленту тепла протягом 50 років лишалось у записниках С. Карно, який рано помер від холери.

Закон збереження енергії різних форм, тобто механічної роботи, електрики, тепла та ін. був видатним відкриттям середини XIX ст., що дало узагальнюючий термін – *енергія*.

Наукові відкриття та винаходи в галузі парової машини створювали передумови для формування принципово нових двигунів – внутрішнього згоряння (ДВЗ), електричного, реактивного та комбінованого атомного. З приводу використання нових видів енергії видатний український вчений акад. В.І. Вернадський (1863 – 1945 рр.) на початку 20-х років XX ст. писав: «Нам відкрились джерела енергії, перед якими за силою та значенням блідніють сила пари, сила електрики, сила вибухових хімічних процесів... З надією та побоюванням вдивляємося ми у нового союзника» [19]. Академік, з 27.11.1918 р., перший Президент Української Академії наук, мав моральне право про це говорити, оскільки він стояв біля витоків радіології (атомної науки), будучи одночасно директором Радійового інституту (м. Москва). На сучасному фото (рис. 1.18) показана Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського в м. Києві, яка є однією із багатьох пам'яток, у тому числі й діючих, про ученого.

Однак повернемося до нових універсальних двигунів. Паливо у твердому стані, головним чином кам'яне вугілля, видобувалось ще з давньоримських часів відкритим способом у Нортумберленді й Шотландії. У середні віки кам'яне вугілля частково, а потім більш інтенсивно використовувалося для промисловості. Проте придатним це паливо виявилось лише для стаціонарних та транспортних парових установок (двигунів зовнішнього згоряння). Тому перспективною є на сьогодні газифікація вугілля з тим, щоб отримати



Рисунок 1.18 – Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського

газове паливо. ДВЗ за своєю революційною конструкцією вимагали газового чи рідкого пального. Вже у першому варіанті чотиритактного ДВЗ німецького конструктора й підприємця Ніколаса Августа Отто (1832 – 1891 рр.) паливом слугував горючий газ. Цей двигун він побудував у 1867 р. разом з німецьким інженером Е. Лангеном й удосконалив у 1876 р. Система електричного запалювання Н. Отто (1884 р.) дала можливість використовувати у двигунах рідке паливо. Сучасні ДВЗ такого типу мають усі основні елементи двигуна Н. Отто.

Тепер коротко про рідке паливо для ДВЗ. Отримують його із сирови нафти, яка до середини ХІХ ст. залишалась практично не затребуваною. Проте пізніше нафта стала важливим джерелом палива для ДВЗ. На підприємствах нафтопереробної промисловості методами каталітичного риформінгу, каталітичного крекінгу, гідроочищення, уповільненого коксування, газофракціонування виробляють паливо для іскрових (авіаційні та автомобільні бензини) двигунів, реактивних (авіаційний гас) двигунів, дизелів (дизельне паливо), котельне паливо (мазути), моторне паливо та ін. – усього понад 300 найменувань [20].

Використання чотиритактного бензинового (іскрового) двигуна для пересування автомобіля почалося з 1885 р., коли німецький винахідник і підприємець Готліб Даймлер (1834 – 1900 рр.) отримав патент, де були вказані сфери застосування: автомобіль, мотоцикл і моторні човни. Інший німецький винахідник Карл Фрідріх Бенц (1844 – 1929 рр.) цього ж часу багато працює над простішим двотактним двигуном. У 1885 р. він завершує ро-

боту над першим триколісним автомобілем з бензиновим двигуном, який презентує громадськості в 1886 р. (рис. 1.19). Того часу дороги мали дві широкі колії від кінських екіпажів. З цієї причини переднє рульове колесо знаходилося на середній випуклій частині дороги, створюючи проблеми в управлінні. У 1893 р. К. Бенц придумав конфігурацію для двох передніх рульових коліс зі шкворневою системою повороту.

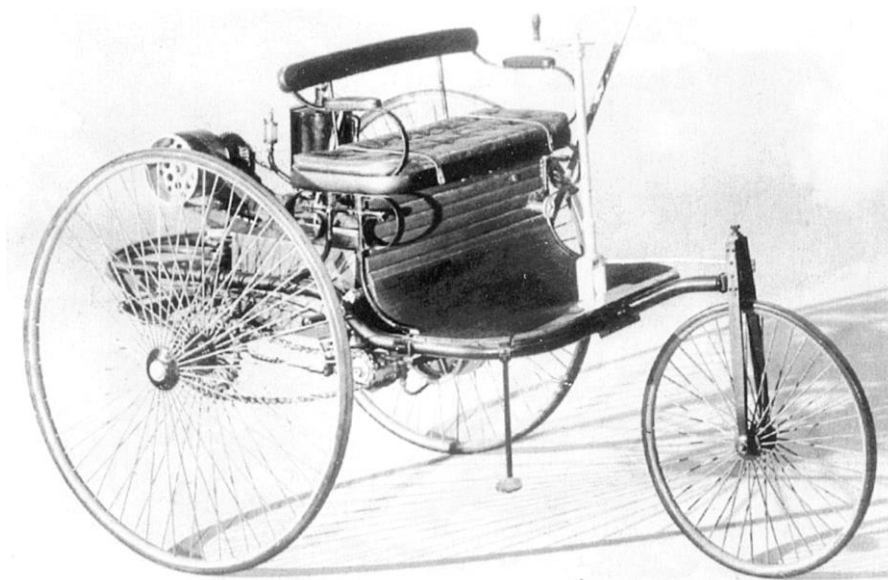


Рисунок 1.19 – автомобіль Карла Бенца

Шотландський винахідник Джон Бойд Данлоп (1840 – 1921 рр.) уперше застосував надувні шини для коліс транспортних засобів (1889 р.), які й зараз широко застосовуються.

У 1892 р. німецький інженер Рудольф Дізель (1858 – 1913 рр.) отримав патент на ДВЗ, що здатний працювати на важких видах рідкого палива, до речі на сьогодні й рослинного походження (рис. 1.20).

Новий двигун одержав ім'я його творця «дизель», а роком народження цього двигуна вважається 1897 р., коли успішно пройшов випробування перший промисловий зразок. Принципові відмінності дизеля від іскрового двигуна полягають у тому, що повітря в циліндрі стискається до значно більшого ступеня (понад 15). Це призводить



Рисунок 1.20 – Рудольф Дізель

до нагрівання до температури займання палива. Коли поршень сягає верхньої мертвої точки, у камеру згоряння за допомогою насоса високого тиску впор-

скується порція пального, яка від зіткнення з повітрям детонує. Існують двотактні та чотиритактні дизелі, причому часто з турбонаддувом, коли вихлопні гази обертають лопаті турбокомпресора. ККД дизеля знаходиться в межах 0,42 – 0,44, що у п'ять – шість разів вище, ніж у парової машини.

Дизелі завдяки своїй економічності витіснили іскрові двигуни з важких стаціонарних та мобільних установок і застосовуються в тепловозах, кораблях, вантажних автомобілях, танках, бронетранспортерах, дизель-електростанціях та ін. Так, сучасний український танк з двотактним дизелем потужністю 1000 – 1300 к.с. може працювати за температурах повітря



Рисунок 1.21 – Генрі Форд

до +55 °С, що не під силу танкам інших держав [14, 21]. Для прикладу колінчастий вал шістнадцятициліндрового рядного дизеля сучасного тепловоза має довжину понад 4 м і важить більше тонни [22].

Подальший перелом у розвитку автомобільного транспорту настав після створення в 1902 р. у США Генрі Фордом (1863 р.н.) фірми «Ford Motor» (рис. 1.21). Перебираючи різні варіанти виробництва, Форд вирішив, що успішним буде дешевий автомобіль (рис. 1.22).

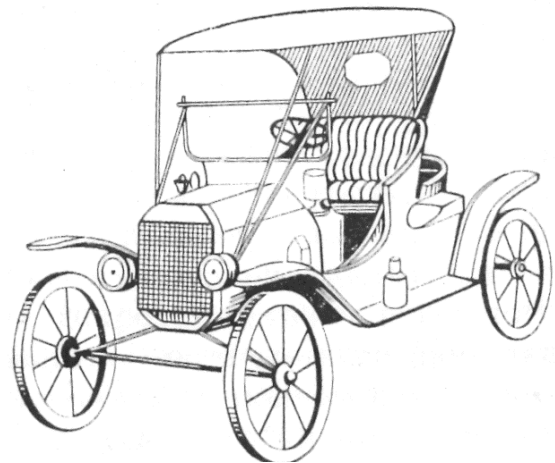


Рисунок 1.22 – Перші автомобілі Г. Форда

Випустити дешеву машину – означало продавати дуже багато автомобілів. У першій лінії Форда спочатку складалися маховики та магнето, а згодом двигуни та шасі. У 1913 р. на автомобільному заводі Форда вже діяв перший конвеєр. При цьому масове виробництво було винайдено не ним, а інженерами його підприємства. Усі збиральні лінії були перетворені на жо-

рстко пов'язані між собою механізми з примусовим ритмом роботи. Якщо раніше робітник переходив від одного блоку, що оброблявся, до іншого, то тепер ці блоки підвозили до робітника один за другим. Саме Форд розпочав процес інтенсифікації виробництва, який раніше обґрунтував Ф. В. Тейлор у книзі «Управління виробництвом».

Ці явища, що отримали назву «фордизм» і «тейлоризм» вже тоді й пізніше осуджувались класиками марксизму-ленінізму, як такі, що спрямовувались на інтенсифікацію праці робітників. Хоча приклади роботи радянських автомобільних конвеєрів, зокрема ВАЗівського, показали помилковість суджень цих класиків.

Автомобільна промисловість продемонструвала приклади небаченого технічного розвитку – за якихось два десятиліття автомобіль перетворився із малорухомого «безконячного» візка на надійний, технічно досконалий, елегантний та економічний засіб транспорту.

1800 р. умовно вважається роком завершення електростатики й роком початку розвитку електродинаміки, що дала промисловості принципово нову машину – електродвигун. Основоположником електродинаміки є Андре-Марі Ампер (1775 – 1836 рр.), французький фізик і математик, член Паризької Академії наук з 1814 р. Він уперше встановив зв'язок між електричним та магнітними явищами й запропонував першу теорію магнетизму. У 1822 р. Ампер запровадив термін «електродинамічний». Поглиблене дослідження електричного струму дозволило перейти до кількісних співвідношень явищ в електричному ланцюзі. Вивчаючи закономірності у цьому ланцюзі й виходячи з аналогії між рухами електричного струму й тепловим чи водяним потоком, німецький фізик Георг Сімон Ом (1787 – 1854 рр.) відкрив відомий закон електрики, який носить його ім'я. У 1831 р. англійський фізик Майкл Фарадей (1791 – 1867 рр.) установив й вивчив явища електромагнітної індукції та самоіндукції. Ці дослідження стали науковим фундаментом електротехніки змінних струмів та радіотехніки. М. Фарадей запровадив такі поняття: «силові лінії», «електрод», «анод», «катод», «електроліт».

Дослідження А. Ампера, М. Фарадея, а потім англійського фізика Джеймса Кларка Максвелла (1831 – 1879 рр.) не лише встановили зв'язок між електричним і магнітними явищами, але й заклали принципові основи створення електричного двигуна й електричного генератора. Ці дослідження стали фундаментом електротехніки як науки [7].

У XIX ст., починаючи з 1800 р., коли Алесандро Вольта (1745 – 1827 рр.) створив першу батарею постійного струму, практичне освоєння еле-

ктрики набуло швидкого поширення. Німець за походження Борис Семенович (Моріц Герман) Якобі (1801 – 1874 рр.) винайшов і встановив на судні перший магнітоелектричний двигун, що в 1838 р. пройшло випробування на Неві. Він також у 1838 – 1840 рр. заклав основи гальванопластики. Видатний винахідник Томас-Алва Едісон (1847 – 1931 рр.) (рис. 1.23) створив дешеву електричну лампу розжарювання промислового зразка (рис. 1.24), яка стала основою вуличного освітлення міст, у першу чергу Нью-Йорка.

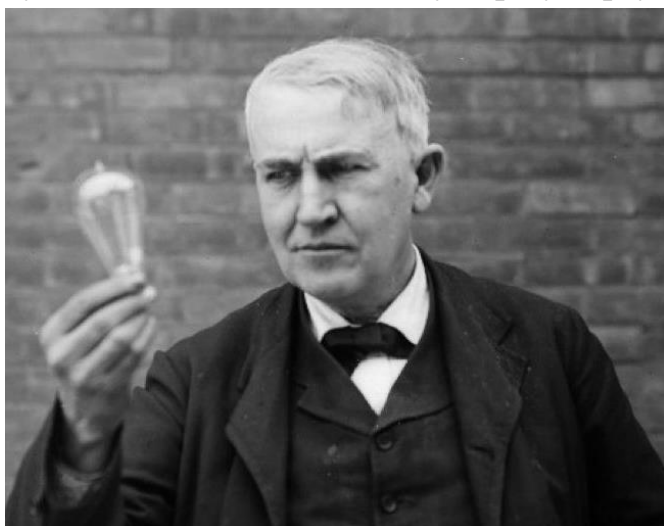


Рисунок 1.23 – Томас-Алва Едісон з лампою



Рисунок 1.24 – Лампа розжарювання Едісона (з вугільною ниткою), 1879 р.

Свічка російського винахідника Павла Миколайовича Яблочкова (1847 – 1894 рр.) – електрична дугова лампа (патент 1876 р.) – почала використовуватись для освітлення Парижу [14].

У 1873 р. на Всесвітній промисловій виставці у Відні український винахідник у галузі електротехніки Федір Аполлонович Піроцький (1845 – 1898 рр.) продемонстрував обґрунтовану ним можливість передання електроенергії на велику відстань. У 1880 р. він випробував побудований ним трамвайний вагон з підвісним тяговим електродвигуном постійного струму й живленням через рейки. Керуючись його розробками щодо передання струму рейками, видатний інженер та успішний підприємець німецького походження Аманд Єгорович Струве (1835 – 1898 рр.) спорудив у Києві другу в Європі й першу в імперії трамвайну лінію з електричною тягою (рис. 1.25).



Рисунок 1.25 – Аманд Єгорович Струве

Поїздка відбулася 13 червня 1892 р. на одному з найкрутіших схилів Києва – Олександрівському (нині Володимирському) узвозі шляхом довжиною 1,5 км. У 1893 р. у місті вже діяло дві трамвайні лінії загальною довжиною 150 верст [24].

До 1890 р. практично не відбувалось постачання промислових підприємств електроенергією, яка до цього використовувалась переважно для освітлення [14]. Змінилося це після розроблення трифазної системи передавання електроенергії, яке здійснив російський інженер-винахідник Михайло Осипович Доліво-Добровольський (1861 – 1919 рр.) (рис. 1.26).

Після закінчення Дармштадтського вищого технічного училища в 1884 р. він, залишаючись російським підданим, весь час працював у Німеччині. М.О. Доліво-Добровольський є засновником техніки трифазного струму. У 1888 р. збудував генератор з обертовим магнітним полем, у 1889 р. сконструював асинхронний електродвигун, а у 1890 р. – трансформатор. Уперше запропонував з'єднання обмоток «зіркою» й «трикутником». У 1891 р. у Франкфурті-на-Майні за проектом винахідника було здійснено першу у світі передачу електроенергії трифазним струмом на відстань 170 км.

Сербський винахідник Николо Тесла (1856 – 1943 рр.) (рис. 1.27) також працював над розробленням генераторів, електродвигунів і трансформаторів (переважно двофазних), а також над системами передавання й розподілу багатофазних струмів. Досліджував можливість передавання енергії без проводів (рис. 1.28).

У XIX ст. відбулися корінні зміни в чорній та кольоровій металургії, які полягали в коксуванні вугілля, у тристадійному способі отримання сталених виробів (чавун – сталь – прокат), переходу від кування до прокатування та винаходу парового молота. Про це детальніше йтиме мова в наступному розділі.



Рисунок 1.26 –
М.О. Доліво-Добровольський

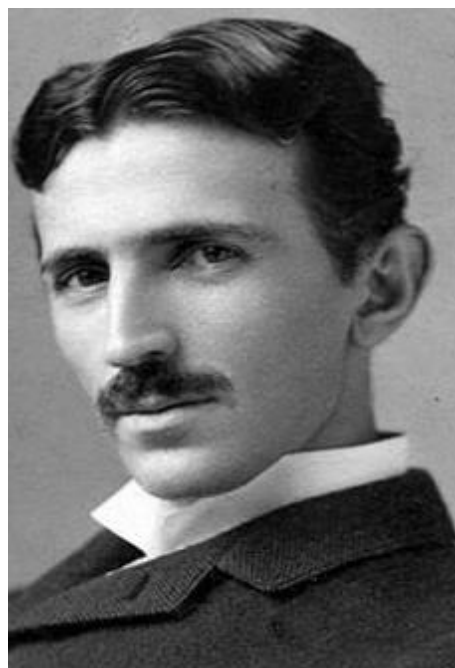


Рисунок 1.27 – Николо Тесла

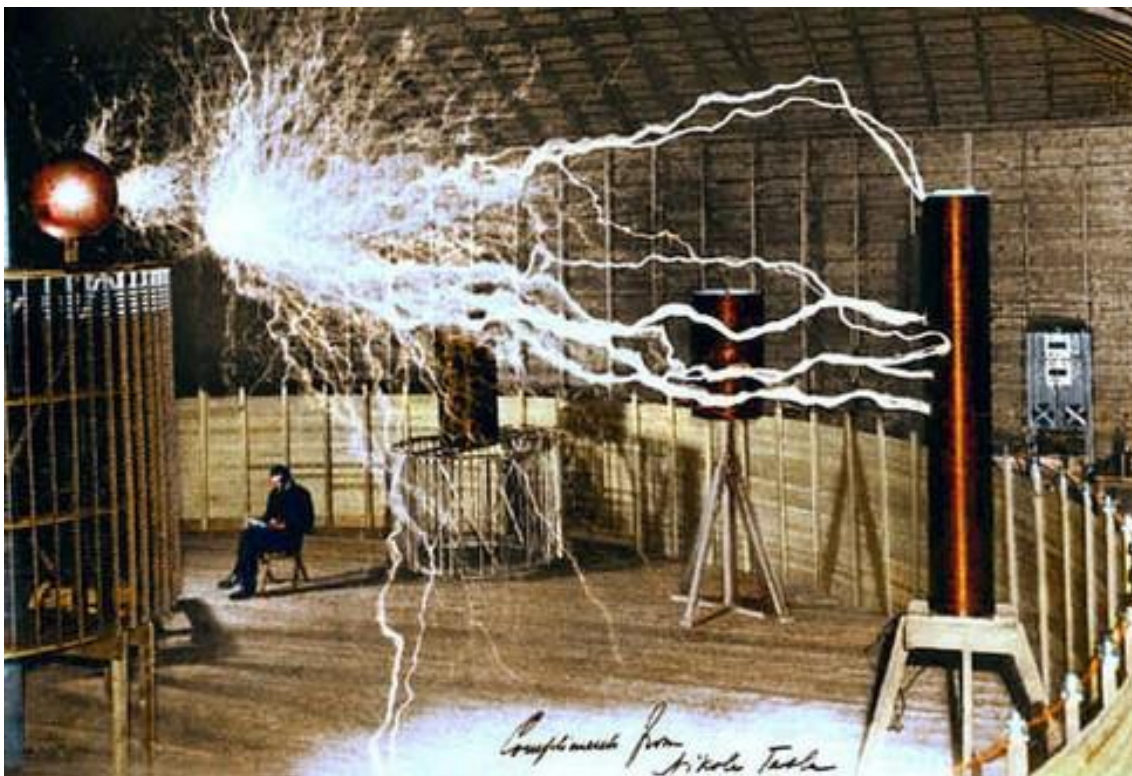


Рисунок 1.28 – Н.Тесла за дослідженнями лабораторної системи передавання енергії без проводів

XIX ст. характеризується також у промислово розвинутих державах Європи та США фундаментальними відкриттями. Інформаційне поле цих відкриттів полягало у винайденні телеграфу та телефону, у прокладанні трансатлантичного кабелю. Було розроблено кілька способів електричного освітлення, а в галузі електромеханіки створено електродвигун та генератор. Вирішено проблему передавання електричної енергії на відстань, створено систему електропостачання на основі трифазного струму, про що вже йшлося в нашому дослідженні. Електроенергетика розвивалась у напрямку від парової машини до турбогенератора. Електрика почала застосовуватись у виробничих процесах, електрозварюванні, гальванотехніці, електрохімії, електрометалургії. Було винайдено звукозапис, аналогову чорно-білу фотографію, радіо, важчий за повітря літальний засіб – літак. У хімічній промисловості розроблено неорганічні добрива, а також нові речовини для ведення війни – динаміт та отруйні газ.

Розпочалося індустріальне будівництво, зокрема, будівництво залізниць, доріг та великих мостів, наприклад міст Кларка в Будапешті через Дунай та Миколаївський ланцюговий міст через Дніпро у Києві. На будівництві та історії останнього варто зупинитися детальніше.

У 1848 – 1853 рр. навпроти Аскольдової могили побудовано велику й визначну інженерну споруду – Ланцюговий міст за проектом і під керівництвом англійського інженера Чарльза де Віньоля (рис. 1.29).



Рисунок 1.29 – Ланцюговий міст у м. Києві, 1853 р.

Усі металеві частини були виготовлені у м. Бірмінгемі (Англія) і на 16 пароплавах привезені в Одесу. Звідти чумаки на волах перевезли усе до Києва. Міст, окраса Києва, був одним з найбільших і найкрасивіших у Європі. Довжина мосту сягала 775,5 м, а ширина 16 м. Міст спирався на берегові устої та на 5 мурованих биків. Кожен з останніх завершувався цегляною аркою, які зв'язувались могутніми дугами ланцюгів. По краях мосту були прокладені тротуари з красивими чавунними поручнями й чавунними ліхтарями. У 1920 р., відступаючи, міст висадили поляки. Проте через п'ять років мостовий перехід був відновлений за проектом Є.О. Патона, а останню крапку в історії моста поставили відступаючі червоноармійці, підірвавши його 18 вересня 1941 р. Після цього Ланцюговий міст у Києві перестав існувати [24].

Континентальна блокада Франції Англією під час наполеонівських воєн позбавила першу тростинної сировини для отримання цукру. Це примусило звернути увагу Франції на цукровий буряк. Останній потім став основою цукроварної промисловості в Україні кінця XIX ст. Завдяки цьому, іноземним інвестиціям та потужним чорноземам, наша держава стала інтенсивно розвиватись в аграрно-індустріальному напрямку. Цукор з буряку отримували за схемою: удобрення чорнозему органічними добривами вели-

кої рогатої худоби – вирощування буряків – цукроваріння [25]. Авторами цієї плідної технології, яка діє й сьогодні, були всесвітньовідомі промисловці-цукрозаводчики та меценати Терещенки та Симиренки. У 70-ті роки ХХ ст. в одній тільки Вінницькій області працювало 39 цукрозаводів, що давали 20% цукру всього СРСР [26].

Отже, ХІХ ст. було за влучним виразом письменника й правозахисника В.Г. Короленка, троюрідного брата В.І. Вернадського, «віком надії» [27]. Додамо, що цьому сприяли не лише успіхи в гуманітарній сфері, але більшою мірою видатні відкриття в галузі науки і техніки.

ХХ ст., яке не є предметом нашого дослідження, окреслено лише фрагментарно в цьому розділі монографії.

У період між першою та другою світовими війнами будувались електростанції, створювались електромережі та системи електрозабезпечення, продовжувалась електрифікація промисловості. Нового розвитку набуло розроблення нафтових і газових родовищ, будівництво трубопроводів, нафтопереробка і нафтохімія. Виникли перші синтетичні матеріали. Засоби зв'язку отримали електронну лампу та іншу вакуумну техніку. З'явилися радіомовлення, радіолокація, телебачення та перші засоби обчислювальної техніки.

Друга світова війна спонукала нові технологічні прориви. Були створені або розвинуті озброєння: автоматична зброя, підводні човни, танки, реактивні літаки, ракетні системи залпового вогню тощо. Виникли електронні обчислювальні машини, атомна зброя, розвилась атомна промисловість та атомна енергетика.

Після другої світової війни почалось освоєння космосу з перших міжконтинентальних балістичних ракет (1957 р.), штучного супутника Землі (1957 р.) та пілотованого польоту в космос (1961 р.).

У металургії та металообробці були створені нові матеріали й технології оброблення, роботи та гнучкі автоматизовані виробництва.

На другу половину ХХ ст. припадає комп'ютерна революція, сутність якої коротко описується так. Вивчено напівпровідники, створено транзистор, напівпровідникову електроніку та мікроелектроніку, персональні комп'ютери, супутникові системи зв'язку та Інтернет.

Починаючи з 1960 р., у промисловості та медицині працюють лазери та лазерна техніка.

Такі основні етапи еволюції техніки, починаючи з найдавніших часів.

1.1.4. Деякі приклади розвитку фундаментальних технічних технологій

Зупинимось детальніше на розвитку кількох основних технологій, які стосуються безпосередньо предмету нашого дослідження, зокрема, історії зубчастого зачеплення в машинобудуванні. Це зачеплення як важливий елемент передачі механічної енергії розвивалось, виходячи з вимог виробництва. Вирішальним моментом тут є винахід та широке використання водяного млина, перша інформація про який сягає до III ст. до н.е. Найдавніші знахідки водяного колеса належать західній частині Балканського півострова, та Малій Азії (II ст. до н.е.). Перша сфера їх застосування – привід млина. Зубчаста передача млина була конічною й передавала крутний момент від горизонтального валу водяного колеса до вертикального валу жорен. На рис. 1.30 і 1.31 показані зубчасті приводи різного призначення.

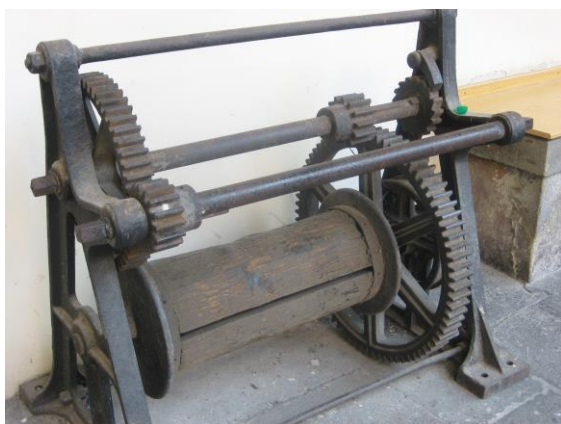


а



б

Рисунок 1.30 – Водяні колеса: *а* – реставрованого водяного млина (музейний комплекс «парк Шернборна», м. Свалява); *б* – старовинного водяного млина з перекриттям річки (м. Тревизо, Італія)



а



б

Рисунок 1.31 – Зубчасті приводи: *а* – старовинного піднімального пристрою (м. Падуя, Італія); *б* – виноробного пристрою (м. Ужгород)

Зубчасті колеса виготовлялись вручну з твердих порід дерева. Пізніше Архімед замінив дерево металом, однак зубці коліс лишились трикутними. Відомий також театр автоматів Герона Александрійського, представника школи пізнього еллінізму, усі системи механізму якого приводились в дію системою зубчастих коліс і тросів [14]. Конструкції подібних машин вплинули на наступний розвиток технічно складних механічних систем, зокрема, на годинникове виробництво і, що важливо, на розвиток зубчастих передач.

Пізніше, після винайдення кривошипного механізму водяні колеса стали застосовуватись також у металургії як привід міхів для розпилювання дров, валяння сукна (рис. 1.32) і в гірничій справі. Вітряні млини з'явилися в Європі в X – XI ст. Таким чином, водяні й вітрові колеса застосовувались як квазіуніверсальні двигуни з обов'язковою передачею механічної енергії до виконавчого органу через зубчасте зачеплення.



Рисунок 1.32 – Залишки сукновальної фабрики. Околиці Єкатеринбурга, Російська федерація. На задньому плані гребля, що перегороджує річку Сисерт (сучасне фото)

Важливу роль у розвитку техніки в XVII ст., й особливо в XVIII ст. відіграв годинник. Переворот у годинниковій справі зробив голландець Х. Гюйгенс (1629 – 1695 рр.) (рис. 1.33), котрий уперше в 1657 р. застосував у стаціонарному годиннику маятник як регулятор (рис. 1.34), а в переносному годиннику – пружну спіраль [13]. Проте точність ходу й надійність годинника залежала від якості виготовлення зубчастих передач. Сам Х. Гюйгенс і французи Дезорг і Лагир запропонували профілювати зубці за циклоїдою. У цьому випадку початкові кола коліс котяться одне по одному без тертя.

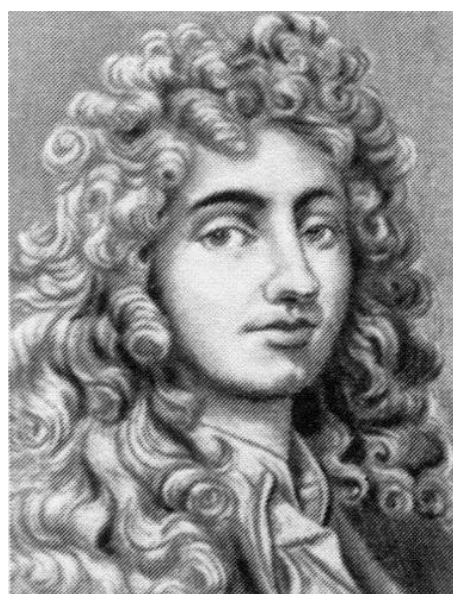


Рисунок 1.33 – Х. Гюйгенс

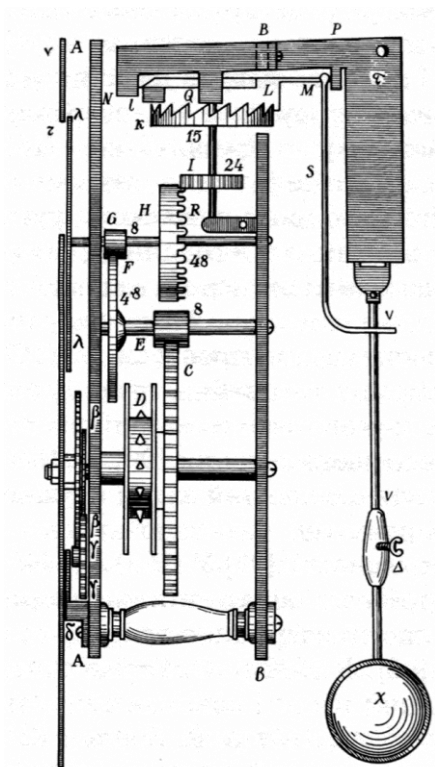


Рисунок 1.34 – Стаціонарний годинник Х. Гюйгенса

Слід зазначити, що певний внесок у розвиток зубчастих передач здійснили математики Блез Паскаль (1623 – 1662 рр.) і Готфрід Лейбніц (1646 – 1716 рр.), автори перших обчислювальних машин (рис. 1.35 і 1.36). У машині Паскаля (1641 р.) застосована цевочна передача для реалізації ідеї подання чисел механізмом повороту розрахункових коліс. В арифмометрі Лейбніца використано винайдений автором ступінчастий валик-шестерня з розміщеними на ньому зубцями різної довжини. Кількість таких валиків-шестерень відповідала порядку розрядів арифмометра – по одному на кожний розряд числа.



Рисунок 1.35 – Блез Паскаль

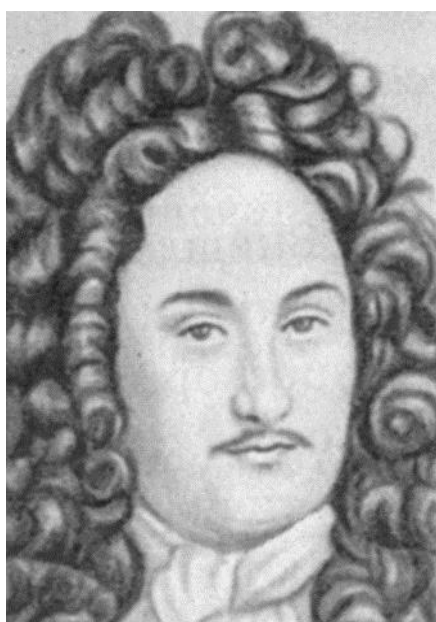


Рисунок 1.36 – Готфрід Лейбніц

Друга половина XVIII ст. й особливо його остання третина характеризується переворотом в історії виробничих сил суспільства. На місці старої мануфактурної промисловості з її вузьким ручним базисом створюється потужна фабрична індустрія, що спирається на машинну техніку. Буржуазія, що йшла на штурм абсолютисько-феодального порядку, намагалася змінити

усі традиції громадського, культурного, економічного життя, що склалися віками. Це була на той час прогресивна соціальна група з потужною силою, направленою на створення матеріальних основ нового капіталістичного ладу. Основні фази промислового перевороту торкнулися тих галузей виробництва, в яких головне домінуюче місце належало механічним засобам праці.

В умовах промислової революції, що насувалась, стало ясно, що циклоїдальне зачеплення не виправдовує себе в роботі силових передач машин через інтенсивне зношування зубців і лишається, скоріше, кінематичним, придатним для механічних приладів, наприклад, годинників. Тому в 1754 р. Леонард Ейлер (рис. 1.37) розробив нові принципи профілювання зубчастих коліс. Відомо, що Ейлер (1707 – 1783 рр.) створив основи динаміки абсолютно твердого тіла.

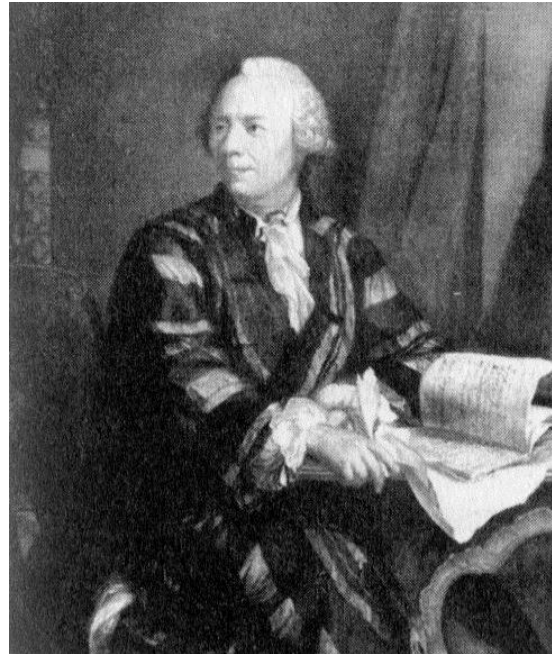


Рисунок 1.37 – Леонард Ейлер

В галузі математики він, працюючи над диференційною геометрією, показав, що профілювання зубчастих коліс за евольвентою кола дає незаперечні переваги технологічного та експлуатаційного характеру. Побудова евольвенти полягає в перекочуванні прямої по колу без ковзання.

Годинникар Р. Аркрайт (1732 – 1792 рр.) уперше розрахував зубчасті передачі.

Найбільш важливими розробками епохи промислової революції є універсальний паровий двигун Д. Уатта (див. рис. 1.12) та універсальний токарний верстат Г. Модслі. В обох випадках широко використовувалися зубчасті колеса. Ці колеса застосовуються також у першому паровозі Тревітіка (див. рис. 1.14) та в першому пароплаві Фултона.

У 1885 р. на базі верстату Г. Модслі американець Браун створив перший універсальний фрезерний верстат сучасного типу з механічними подачами й організував масовий випуск фрезерних верстатів типу «Лінкольн» у США. Тим самим розпочалась епоха масового виробництва евольвентних зубчастих коліс за способом копіювання, пізніше – огинання з використанням черв'ячних фрез і довбачів (рис. 1.38) [28].

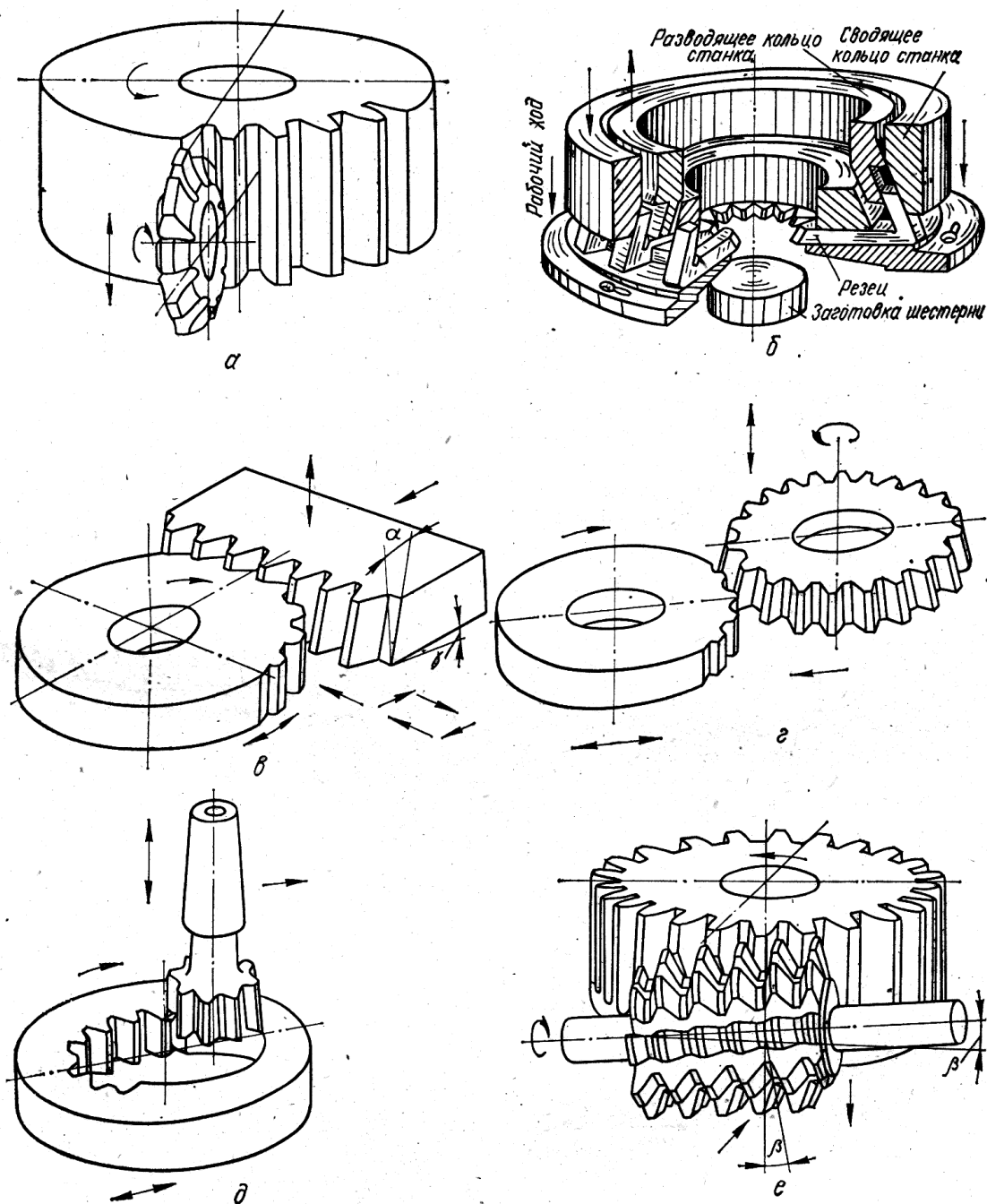


Рисунок 1.38 – Методи нарізання евольвентних зубчастих коліс

У табл. 1.1 подано основні етапи розвитку евольвентної зубчастої передачі з найдавніших часів [29, 30]. Слід зазначити, що традиційні методи поверхневого зміцнення зубчастих коліс (цементация, азотування, нітроцементация, борування тощо) мають низку недоліків. Для підвищення несучої здатності цих коліс перспективні багат шарові та градієнтні покриття [31]. Компоновку цих покриттів слід виконувати за принципом мінімізації напружено-деформівного стану. Багаторазово підвищують несучу здатність коліс також покриття дискретної структури.

Таблиця 1.1 – Основні етапи розвитку зубчастої передачі

Період часу, рік	Зміст технічного рішення	Територія, держава, автор
III ст. до н.е.	Винайдення та широке використання водяного млина з силовою дерев'яною конічною і циліндричною зубчастими передачами до жорен	Захід Балканського півострова
II ст. до н.е.		Мала Азія
213–212 рр. до н.е.	Зведення оборонних металевих механізмів з металевими циліндричними зубчастими передачами і храповиком	о. Сицилія, м. Сіракузи, Архімед
I ст. н.е.	Створення театру автоматів з рухом фігурок за допомогою вантажу, системи блоків, важелів та зубчастих коліс	Єгипет, м. Александрія, Герон Александрійський
X ст.	Побудова вітряних млинів з зубчастими передачами до жорен	Держави Західної Європи
XIII ст.	Винайдення механічного годинника з однією стрілкою	Держави Західної Європи
XV ст.	Винайдення горизонтального водяного колеса як елемента водяного двигуна	Держави Європи
Кінець XV ст.	Створення пружинного переносного механічного годинника	Держави Західної Європи
1641 р.	Винайдення підсумовуючої обчислювальної машини з цівочною передачею	Франція, Блез Паскаль
1657 р.	Застосування як регулятора в настінному годиннику маятника, а у переносному – спіральної пружини	Голландія, Х. Гюйгенс
Кінець XVII ст.	Використання циклоїди як кривої, що профілює зубчасті колеса для підвищення точності ходу та надійності механічного годинника	Голландія, Х. Гюйгенс, Франція, Дезорг, Лагір
1694 р.	Винайдення арифмометра як обчислювальної машини зі ступінчастими валиками-шестернями із зубцями різної довжини	Німеччина, Г. Лейбніц
1718–1729 рр.	Створення токарно-копіювального верстату зі складною кінематичною схемою та супортом («держалкою»)	Росія, А.К. Нартов
1754 р.	Побудова евольвенти кола, яка стала основою зубчастого зачеплення, що має переваги технологічного й експлуатаційного характеру	Росія, Леонард Ейлер
Третя чверть XVIII ст.	Перший інженерний розрахунок зубчастої передачі	Англія, Річард Аркрайт
Кінець XVIII–початок XIX ст.	Початок масового застосування евольвентного зубчастого зачеплення в парових машинах, паровозах, металорізальних верстаках, пароплавах та ін. машинах	Держави Західної Європи
1855 р.	Створення першого фрезерного верстату, який уперше використано для нарізання зубчастих коліс огинанням	США, Браун

Іншим прикладом еволюції техніки та технології, що бурхливо розвиваються і в наш час, є зварювання та споріднені процеси.

Відповідно до ГОСТ 2601-84 зварювання – це «отримання нерознімних з'єднань шляхом установаження міжатомних зв'язків між з'єднуваними частинами при їх нагріванні і/або пластичному деформуванні». При цьому встановлення міжатомних зв'язків може досягатися як шляхом роздільного використання теплової енергії, що викликає нагрівання з'єднуваних елементів, або механічної енергії, що викликає їх пластичне деформування при стиску, так і шляхом спільного використання теплової та механічної енергії. Поняття споріднених зі зварюванням процесів було запроваджено акад. Б. Є. Патонем. До цих процесів нелазать газотермічне оброблення, нанесення покриттів та ін. технології інженерії поверхні, які пов'язані зі зварюванням.

Виникнення та початок виробничого використання деяких найпростіших способів зварювання й споріднених процесів губиться в глибокій давнині. Вже у бронзовому сторіччі виникає мистецтво паяння металів. Первісний спосіб виробництва заліза заснований на використанні ковальського зварювання, у результаті якого губчасті продукти відновлення місцевих залізних руд перетворювалися на монолітну низьковуглецеву сталь (крицю). У давнині та в середні віки способи зварювання розвиваються дуже повільно. Лише в другій половині XVIII – XIX ст., коли промисловість починає розвиватися швидкими темпами, виникають нові засоби, які необхідні та придатні для зварювання, зокрема дуговий розряд, потужні електричні струми, трансформатори, генератори постійного струму, ацетиленокисневе полум'я, леговані сталі для електродного матеріалу, перші засоби для захисту зони зварювання, термітні суміші та ін. Тобто, хоча основи зварювальної техніки та технологій закладено декілька тисяч років тому, майже все, чим нині користується виробництво, створено в останні століття.

Дуговий розряд, який є основою нинішніх способів зварювання плавленням, першим отримав у лабораторних умовах акад. В.В. Петров [32]. Тут слід зауважити, що в природі дуговий розряд існує у вигляді блискавки, полярного саява, інших процесів, що пов'язані з електромагнітними явищами, які вивчалися раніше (див. таблицю 1.2).

Петров Василь Володимирович (1761–1834 рр.) – російський фізик (рис. 1.39). Закінчив Харківський колегіум (1785 р.). Професор Петербурзької медико-хірургічної академії (1795–1833 рр.). Використав найбільшу на той час гальванічну батарею, за допомогою якої відкрив електричну дугу (1802 р.).

Таблиця 1.2 – Періодизація та хронологія основних етапів розвитку зварювання та споріднених процесів на початок XX ст.

Період, час події	Назва події, етапу, відкриття, розробки, дослідження	Автор	Місце, держава, місто
1	2	3	4
Епоха бронзи (IV тисячоріччя – VIII ст. до н.е.)	Винайдення бронзи як сплаву самородних міді та олова з використанням енергії екзотермічних реакцій окислення. Отримання смоли та дьогтю як продуктів спалення лісу під час вирубного землеробства.		Території різних цивілізацій; Трипільська культура
Епоха заліза (початок XII ст. до н.е. – XIII ст. н.е.)	Винайдення технології відновлення заліза в сиродутних печах за низьких температур 800 – 900°C із місцевих залізних руд (криці – маловуглецевої сталі). Застосування ковальського зварювання для з'єднання окремих губчастих шматків криці у монолітну маловуглецеву сталь. Освоєння технології паяння та зміцнення металу наклепом і цементацією.		Території різних цивілізацій з покладами місцевих залізних руд. Міста Київської Русі
VIII до н.е.	Відкриття перших методів добування нафти та супутника останньої – озокериту як сировини для лаків – основи декоративних та термічних покриттів		Держави Месопотамії
V ст. до н.е. – XII ст. н.е.	Застосування поливи та емалей для захисту й отримання естетичного вигляду глиняного посуду, кахлів, ювелірних виробів		Месопотамія, Єгипет, Візантія, міста Київської Русі (Чернігів, Вишгород, Київ)
XIV ст.	Освоєння вперше у Європі технології виплавки чавуну в печі великого об'єму з дуттям від міхів з приводом від водяного колеса		Землі Німеччини
Початок другої половини XVIII ст.	Розроблення теорії атмосферної електрики. Запровадження понять «батарея», «заряд», «розряд». Винахід блисковквідводу та першого електровимірювального приладу	Б. Франклін М.В. Ломоносов Г.В. Ріхман	США Росія
1758 р.	Уперше висловлено гіпотезу про зв'язок електричних і магнітних явищ	Ф.У. Епінус	Росія
Кінець XVIII ст.	Закінчення формування електростатики як розділу фізики		Технічно розвинуті держави
1802 – 1803 рр.	Відкриття та дослідження явища дугового розряду. Публікація «Известие о гальвани-вольтовых опытах, которые проводил профессор физики Василий Петров»	В.В. Петров	Росія
50-ті роки XVIII ст. – 70-ті роки XIX ст.	Відкриття раніше невідомих металів, що використовуються для легування сталі: нікель; марганець; молібден; вольфрам; магній, кальцій, барій; цирконій; алюміній, титан; берилій; ванадій		Промислово розвинуті держави Європи
1860 р.	Створення теорії електромагнітного поля	Дж.К. Максвелл	Англія

Закінчення таблиці 1.2

1	2	3	4
1870 р.	Створення трансформатора змінного струму	І.Ф. Усигін	Росія
1881 р.	Винайдення способу дугового зварювання неплавким електродом	М.М. Бенардос	Росія, Україна
1882 р.	Винайдення першого способу стикового контактного зварювання	Е. Томсон	США
1888 р.	Винайдення способу дугового зварювання плавким металевим електродом	М.Г. Славянов	Росія
1895 р.	Використання ацетиленокисневого полум'я для зварювання	Анрі Луї ле Шательє	Франція
кінець XIX ст.	Створення пальника з розташованою в середині системою змішування ацетилену з киснем	Шарль Пікар	Франція
1902 р.	Патент на пальник з інжектором, через який під тиском подається кисень. Запровадження в обіг терміну «автогенне зварювання»	Е. Фуше	Франція



Рисунок 1.39 – В.В. Петров

Вказав на практичне застосування дуги, зокрема, для освітлення, електроплавлення, відновлення металів з окислів. Запропонував покривати провідники ізоляційним шаром. Досліджував електроліз, електричні розряди в газах, люмінесценцію [14, 32 – 34].

Проте після відкриття першого способу дугового зварювання, заснованого на плавленні металевих матеріалів електричною дугою, минуло майже 80 років. Увесь цей період, як і раніше, у промисловості домінувало клепання при отриманні нерознімних з'єднань.

Бенардос Микола Миколайович (1842–1905 рр.), етнічний грек, онук героя Вітчизняної війни 1812 р. – фахівець у галузі електротехніки. Народився в Херсонській губернії (рис. 1.40, 1.41). Навчався в Університеті св. Володимира у Києві. Наприкінці 1870-х рр. винайшов акумулятори, баластні реостати, комутатори струму великої сили. У 1881 р. запропонував спосіб дугового зварювання неплавким (вугільним) електродом, який застосував під час монтування Міжнародної електричної виставки в Парижі та електростанції в Барселоні. У 1885 р. створив у Петербурзі товариство «Електрогефест».

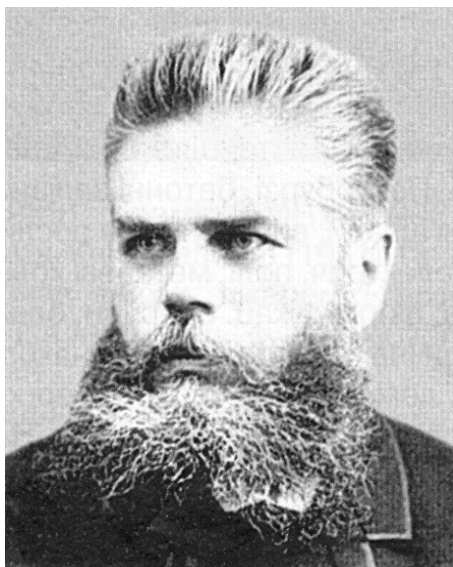


Рисунок 1.40 –
М.М. Бенардос



Рисунок 1.41 – Дім-музей М.М. Бенардоса у
м. Переяслав-Хмельницькому

У 1886 р. винайшов способи точкового та шовного контактного зварювання; розробив конструкції вугільних і плавких електродів; створив конструкції зварювальних напіваавтоматів і автоматів; устаткування і технологію підводного зварювання та різання; зварювання в струмені газу; кілька способів паяння тощо. Похований у м. Фастів Київської обл.

Значне вдосконалення процесу дугового зварювання було зроблене М.Г. Славяновим, який у 1888 р. закінчив розроблення власного способу, що на сьогодні є одним із найважливіших разом зі способом М.М. Бенардоса [34].



Рисунок 1.42 – М.Г. Славянов

Славянов Микола Гаврилович (1854–1897 рр.) – російський винахідник у галузі електрозварювання (рис. 1.42). Закінчив Петербурзький гірничий інститут. Удосконалив винайдений М.М. Бенардосом спосіб дугового зварювання: замінив неплавкий електрод плавким металевим. Розробив металургійні основи зварювання та зварювальний генератор; використовував дугу для ущільнення великих сталевих відливок. Запропонував флюси й феросплави-розкислювачі для підвищення якості зварних швів. Автор першої у світі праці з електрозварювання – «Електричне відливання металів».

Газове зварювання з'явилося трохи пізніше дугового, що пояснюється так. Для надійного зварювання плавленням необхідно мати концентроване високотемпературне джерело нагрівання [35]. Однак відомі на той час гази цього не забезпечували. Так, в суміші з киснем технічний пропан горів за температури 2700 – 2800 °С; бутан – 2400 – 2500 °С; метан – 2400 °С; природний газ – 2000 – 2200 °С; водень – 2600 °С [36]. Поштовхом для інтенсивного розвитку газового зварювання та споріднених високотемпературних газотермічних технологій стало винайдення ацетилену, який в суміші з киснем має найвищу температуру полум'я – 3100 – 3200 °С. Ацетилен, найпростіший ненасичений вуглеводень з потрійним зв'язком, відкрив у 1836 р. англійський хімік Е. Деві. Ацетилен у поєднанні з киснем уперше застосував для газового зварювання Анрі Луї ле Шательє (Франція).

У наведеній нижче таблиці, складеній на основі джерел [6, 32 – 41] зібрані основні дані про початковий період зварювання та споріднених процесів від найдавніших часів до початку ХХ ст.

Роботи М.М. Бенардоса і М.Г. Славянова суттєво вплинули на розвиток зварювального виробництва, у тому числі й за кордоном. Запропоновані ними способи ручного дугового зварювання неплавкими та плавкими електродами успішно використовували під час виготовлення сталевих ємностей, ремонту колінчастих валів, зубчастих коліс, станин молотів, рам паровозів, пресів, рулів і корпусів суден, інших конструкцій. Зварювання використовували також під час виправлення дефектів сталевих відливок. У 1905 р. шведський інженер О. Кьельберг застосував металеві електроди з нанесеним на їх поверхню покриттям із різних речовин. Це покриття захищало розплавлений метал від шкідливого впливу повітря та стабілізувало горіння дуги. Застосування покритих електродів забезпечило різке підвищення якості швів зварних з'єднань. Ручне дугове зварювання покритими електродами почало широко використовуватись у США, Англії, Австро-Угорщині та інших державах. Продовжились роботи з пошуку нових покриттів для електродів. Так, у 1916 р. американські інженери винайшли електрод, стрижень якого був загорнутий у папір, приклеєний рідким натрієвим склом. Під час згоряння паперу утворювався газ і дим, які покращували захист зони зварювання. Такий електрод є праобразом сучасних електродів з целюлозним покриттям.

У Росії розвиток дугового зварювання покритими електродами відбувався повільно, що було зумовлено браком дешевої електроенергії, відсут-

ністю в необхідній кількості зварного обладнання та електродів, низьким рівнем зварної техніки. Разом з тим, вже в середині 1920-х років ручне дугове зварювання достатньо широко використовувалося в народному господарстві. Перші великі зварні роботи були виконані на Далекосхідному механічному й суднобудівному заводі (Дальзавод), у московських, ленінградських, харківських та інших залізничних майстернях, на Дніпропетровському заводі ім. Артема, Миколаївському суднобудівному заводі та декількох інших підприємствах. Електродами для зварювання були електроди з тонким, головним чином, крейдовим покриттям. На багатьох заводах електроди виготовлялися напівкустарним методом, переважно для власних потреб.

Початком етапу широкого впровадження зварних процесів, у тому числі ручного дугового зварювання, слід вважати 1929 р., коли Рада Праці й Оборони прийняла спеціальну постанову про розвиток зварної справи в СРСР. У Москві, Ленінграді та Дніпропетровську почали підготовку техніків, а потім й інженерів зварювальних спеціальностей. У 1931 р на промисловій основі почали виготовляти обладнання для ручного дугового зварювання (зварювальні трансформатори, перетворювачі й агрегати) на ленінградському заводі «Електрик». У великих обсягах почалося централізоване виготовлення покритих електродів. У 1938 р. було випущено 42,7 тис. т. електродів, у тому числі 20% цього обсягу складали товстопокриті електроди. Перехід до електродів з товстим покриттям (це електроди марок ОММ-1, розроблених у 1934 р., ОММ-5 – у 1937 р., серії УОНІ-13 – у 1938 р.) замість тонкопокритих дозволив підвищити ефективність ручного дугового зварювання. Радикально покращились властивості зварних з'єднань і суттєво розширились галузі застосування зварювання. Ручне дугове зварювання розповсюдилось майже на всі галузі промисловості й будівництва. У кінці 1930-х років у СРСР діяло понад 60 тис. постів ручного дугового зварювання.

Велику роль ручне дугове зварювання відіграло в роки Великої Вітчизняної війни та в післявоєнний період, коли його широко використовували під час виконання робіт у військовій промисловості й під час відновлення народного господарства.

У період виникнення ракетобудування зварювання набуло нового розвитку. У заправленому стані ракета мала знаходитися якомога довше, що вимагало надзвичайної герметичності баків, люків, трубопроводів тощо. Сопла двигунів мали витримувати надзвичайно високі температури, а метал корпусу баків – зберігати міцність під час нагрівання в атмосфері й охоло-

дження від рідкого кисню чи в космосі. Такі вимоги стосувалися й зварювання. Причому будь-який дефект міг викликати катастрофу. Паливо ракет складало кисень і спирт, а рідкий кисень, що перевозили у звичайних цистернах і зберігали в резервуарах, швидко випаровувався. Тому Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона було доручено розробити технологію зварювання залізничних цистерн із алюмінієвих сплавів, що були покриті термоізоляційним шаром. Вперше у світі було створено технологію автоматичного дугового зварювання під шаром флюсу (1949 – 1959 рр.) алюмінієвих сплавів. Науковці інституту вирішили також проблеми забезпечення якості зварювання та пайки всіх вузлів ракети, контролю якості виготовлення та ремонту дефектів. Створено технологічні процеси та спеціалізоване устаткування для виготовлення великогабаритних просторово розгалужених конструкцій, у тому числі трубчастих й оболонкових зварних виробів, з тугоплавких і хімічно активних металів, зокрема молібдену. Розроблені технології контактного зварювання шпангоутів, імпульсно-дугового, плазмового зварювання, знайшли також застосування в інших галузях техніки. Розроблені також і впроваджені у промислове виробництво технології стикового контактного зварювання великих корпусних конструкцій і паливних баків ракет із алюмінієвих сплавів. Також було створено ракетні потяги, для чого в ІЕЗ ім. Є.О. Патона було розроблено контактне зварювання рейок підсиленої конструкції для цих важких потягів. Палива, що застосовувалися в ракеті, крім токсичності й високої хімічної активності, мали ще й високу капілярну проникність парів. У той же час ракети мали зберігатися без заміни палива протягом 10 років. Тому зварні з'єднання баків перевіряли на герметичність вакуумом до 10^{-6} Па з 100% рентгенівським контролем [41].

У наступні роки, незважаючи на розширення застосування механізованих й автоматичних способів зварювання (під флюсом, у захисних газах тощо), зростання обсягів ручного дугового зварювання продовжувалося. У 1990 р. виробництво покритих електродів у СРСР склало 677600 т., причому їх виготовляли у великих високомеханізованих цехах з річною потужністю до 60 тис. т. електродів. Продовжували роботи зі створення нових електродів і сучасного зварювального обладнання, а також з удосконалення технології зварювання.

У теперішній час ручне дугове зварювання покритими електродами залишається одним із основних технологічних процесів під час виготовлення, монтажу та ремонту більшості зварних сталевих конструкцій.

1.2. Історія винахідництва і правових актів у сфері винаходів та відкриттів

1.2.1. Винахід. Основні положення, опис

Все сказане вище в галузі інженерної діяльності людини від найдавніших часів до сьогодення немислиме без винахідництва.

Винахід – це результат творчості людини в будь-якій сфері суспільно-корисної діяльності. Під винаходом прийнято розуміти технічне або технологічне рішення, що відповідає умовам патентноспроможності – новизні, винахідницькому рівню й промисловій придатності. Згідно із Законом України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» об'єктами винаходу можуть бути: продукт (пристрій, речовина, штам мікроорганізму, культура клітин рослини і тварини тощо), процес (спосіб), а також нове застосування відомого продукту чи процесу. Пріоритет, авторство і право власності на винахід засвідчуються патентом, строк дії за загальним правилом становить 20 років від дати подання заявки. Винахід визнається новим, якщо він не є частиною рівня техніки, якій включає усі відомості, що стали загальнодоступні у світі до дати подання заявки або до дати її пріоритету. Винахід має винахідницький рівень, якщо для фахівця він не впливає явно із рівня техніки; визнається промислово придатним, якщо його можна використати у промисловості або іншій сфері людської діяльності. Заявка повинна містити: заяву про видачу патенту на винахід, його опис, формулу, креслення (якщо на них є посилання в описі) та реферат [42 – 44].

Зупинимось на змісті деяких понять, що можуть бути цікавими винахідникам.

Патент – це документ, що видається на основі заявки державним відомством, або регіональним відомством, що працює на групу держав. Патент описує винахід – вирішення спеціальної проблеми в технічній галузі й створює правову ситуацію, за якої запатентований винахід може бути використаним лише з дозволу патентотримача.

Винаходам може надаватися також охорона шляхом їх реєстрації. Так, охорона має назву «*корисна модель*» і має більш вузьку сферу застосування. Ці винаходи належать до просторового втілення об'єкту, наприклад, конструктивного.

Промисловий зразок – це результат творчої діяльності, що спрямовується на досягнення декоративності зовнішнього виду предметів масового

виробництва. Об'єктом правової охорони промислових зразків є зображення, яке застосовується у виробках чи продуктах. Промисловий зразок має задовольняти користувачів естетично за ефективного виконання своєї основної функції.

Патентний документ містить два типи інформації: бібліографічну та технічну.

Бібліографічна інформація подається на першій сторінці документу й містить такі відомості. Дати, найменування та адреси відомства, що публікує. Потім вказується винахідник, власник патентного права, представник або патентний повірений. Далі вказується класифікаційні символи Міжнародної патентної класифікації. Потім наводиться назва винаходу, реферат його опису, основне креслення або хімічна формула.

Кожний елемент бібліографічних даних має двозначний код ІНІД (Міжнародний код для ідентифікації даних) для кращого розуміння назв, адрес, дат; навіть без знання мови, на якій опубліковано документ. Двозначний код розміщується безпосередньо перед елементом, що кодується.

Технічна інформація містить: короткий опис рівня техніки, що передує цьому винаходу; детальний опис винаходу; креслення (або хімічну формулу) для ілюстрації функціонування об'єкту дослідження; текстову формулу, що визначає обсяг винаходу.

Переваги патентної документації впливають із особливостей її змісту та структури, які полягають у такому.

Інформація про технічні рішення викладена в чіткій та лаконічній формі. Жорсткі вимоги до винаходу виключають прямі запозичення, незавершеність розробки, рекламний характер опису. Вивчаючи документ, ми маємо бути впевненими у працездатності рішення, знати про авторство, місце та час створення, а також про те, кому на сьогодні належать права на використання. З документу також можна отримати інформацію про попередні рішення, близькі до описуваного, тобто про існуючий рівень техніки.

Інформативність тексту опису патенту надзвичайно висока. Якщо мета пошуку – знайти останні новачі в досліджуваній галузі, стає важливою ще одна особливість документів: опис нового технічного рішення випереджає за термінами з'явлення інформації про нього в інших джерелах приблизно на три – п'ять років. Великою перевагою при вивченні тексту патентного опису є чітка структура та точна мова, що передбачає однозначність розуміння й простоту перекладу. Завдяки уніфікованим класифікаційним

символам документи прекрасно систематизовані, тому технічна процедура пошуку доступна кожному.

Число сторінок патентного документу варіюється залежно від складності винаходу, однак не перевищує 15 сторінок.

Міжнародне співробітництво в галузі патентної класифікації почалося у 1956 р. під егідою Ради Європи та Всесвітньої організації інтелектуальної власності. У результаті в 1971 р. було укладено Страсбургське погодження стосовно Міжнародної патентної класифікації (МПК), яке забезпечило все-світнє визнання системи, що до цього часу застосовувалось на практиці.

Відповідно до цього погодження, що стало чинним в 1975 р., будь-яка держава – член Паризької конвенції з охорони промислової власності, ставши учасником Погодження про МПК, отримує право брати участь у роботі з удосконалення МПК і бере на себе обов'язок застосовувати МПК у роботі свого патентного відомства.

На сьогодні МПК застосовується в 70 країнах й охоплює 90% документів, що публікуються у світі. На початок 1990 р. класифікаційні символи МПК мали понад 18 млн. патентних документів. Понад 6 млн. з них опубліковано японською, 3 млн. – англійською, біля 1,8 млн. – німецькою та французькою мовами. Більшу частину останніх складають документи іспанською, шведською, голландською та російською мовами.

Міжнародний комітет експертів підтримує МПК, періодично «осучаснює» її відповідно до розвитку техніки. Кожна версія діє п'ять років. Перша редакція діяла в 1968 – 1974 рр., друга – до 1980 р., третя – до 1985 р., четверта – до 1990 р., п'ята – до 1995 р., шоста – до 2000 р. Сьома редакція використовувалася до 2004 р. Перегляд редакції супроводжується виданням «Покажчика відповідності змісту рубрик МПК», який відображає перерозподіл рубрик відповідно до впровадження нової редакції. Отже, жоден документ не загубиться під час чергової редакції МПК.

Абревіатурі «МПК» відповідає символ «Int. Cl» іноземних патентів.

Закономірності побудови МПК полягають у наступному. МПК охоплює всі галузі знань, об'єкти яких підлягають патентній охороні законодавчо. Можливість «звуження» пошуку до високого ступеня деталізації забезпечують 8 розділів, 20 підрозділів, 118 класів, 624 підкласи й понад 67 тис. груп МПК. Один раз на п'ять років публікується десяти томне видання МПК. Кожний із восьми розділів класифікації розміщується в окремому томі. Том 9 називається «Вступ, перелік розділів, класів, підкласів та основ-

них груп». Том 10 – «Вступ» містить опис структури, пояснює використання індексів, принципи, правила й застосування класифікації. До комплекту класифікаторів додатково включено «Алфавітно-предметний покажчик», що полегшує використання МПК.

Перший крок деталізації – визначення приналежності інформації до одного з 8 розділів відповідних галузей знань. Для позначення розділу використовується індекс у вигляді великої літери латинського алфавіту:

- А. Задоволення життєвих потреб людини;
- В. Різні технологічні процеси; транспортування;
- С. Хімія; металургія;
- Д. Текстиль; папір;
- Е. Будівництво; гірнича справа;
- Ф. Механіка; освітлення; опалення; двигуни і насоси; озброєння; боеприпаси; вибухові роботи;
- Г. Фізика;
- Н. Електрика.

Зміст розділів згруповано в межах підрозділів, що не позначаються індексами. Наприклад, розділ «С» має два підрозділи: хімія та металургія. Кожний розділ ділиться на класи. Індекс класу складається з індексу розділу і двозначного числа, наприклад, C01 (неорганічна хімія) або C13 (виробництво цукру).

Наступний ступінь конкретизації – поділ класів на підкласи. Класифікаційний символ доповнюється ще одним знаком – великою літерою латинського алфавіту. Отже, підклас складається вже з чотирьох знаків, наприклад, C01B. Заголовок цього підкласу – Неметалеві елементи; їх сполуки. Зрозуміло, що інформація, яка потрібна спеціалісту з азотної кислоти, міститься в середині цього підкласу. Однак для знаходження потрібної інформації слід перейти до наступного етапу звуження поля пошуку – до «дрібних рубрик», до яких належать основні групи ті підгрупи.

Індекс груп та підгруп МПК складається з індексу підкласу, за яким розташовані два числа, поділені скісною рисою.

Під час визначення основної групи після індексу підкласу розташоване одно-, дво-, або тризначне число, скісна риска та два нулі. Для азотної кислоти основною групою буде C01B21/00 – Азот та його сполуки. Текст основної групи визначає галузь техніки, що доцільна до пошуку.

В індексі підгрупи після скісної риски позначаються дві або більше цифри (крім двох нулів). Текст підгрупи (у межах основної групи) визначає тематичну галузь, в якій проведення пошуку є доцільним.

Так, для пошуку інформації, що стосується азотної кислоти, першою потрібною підгрупою є C01B21/20 – Оксиди азоту, кисневі кислоти азоту, їх солі. Для пояснення подальших дій з відбору потрібної підлеглої підгрупи, розглянемо, як вони подані в класифікаторі (на прикладі фрагменту групи C01B21/20):

21/20. Оксиди азоту, кисневі кислоти азоту, їх солі;

21/24..Оксид азоту (NO);

21/26...Отримання шляхом каталітичного окислення аміаку;

21/28....пристрої.

Одна, дві або більше крапок перед текстом підгрупи вказують на те, що підгрупа є підлеглою відносно найближчої вищої рубрики, що має на одну крапку менше. Крапки перед текстом замінюють собою текст вищих рубрик з меншою кількістю крапок і дозволяють запобігти його повторенню. Отже, текст підгрупи 21/28.... читається так: «Пристрої для отримання оксиду азоту шляхом каталітичного окислення аміаку».

Разом з тим, число цифр в індексах підлеглих підгруп після скісної риски може бути більше двох. У цьому випадку кожен наступну цифру слід розуміти як подальше десятинне ділення попередньої.

Отже, заголовки розділів, підрозділів, класів, підкласів, а також текст основних груп і підгруп з урахуванням усіх відсилань і зауважень максимально точно визначають сутність тематики.

1.2.2. Розвиток охоронних документів у галузі винахідництва

Перші привілеї, тобто документи, за якими суверен надавав право окремій особі (винахідникові), в історичному плані могли містити різні права. Підстави для їх надання теж були різними. Найпершими привілеями, що їх надавали на використання нової техніки, могли користуватися як винахідники в сучасному розумінні, так і особи, які впроваджували техніку, вже відому за кордоном. Суверен був зацікавлений у тому, щоб інновація допомагала скоротити імпорту за рахунок розвитку внутрішнього виробництва [43].

Венеціанська Республіка першою прийняла положення про цю форму привілеїв, «Парте Венеціана» (1474 р.). Його основні принципи зберігають актуальність дотепер: «Владою теперішніх зборів виголошується рішення:

кожний, хто в цьому місті розробить будь-який новий і такий, що містить творчу думку, пристрій... має подати про це заяву до міського управління, щойно цей пристрій буде доведений до такої міри досконалості, що його можна буде створити та використати. Без згоди автора та дозволу його на будь-якій нашій території та в будь-якому місці всім іншим забороняється протягом 10 років створювати... за формою чи виглядом подібний пристрій».

Вже в цьому положенні закладено принципи, на яких базуються сучасні патенти: корисність нових винаходів для держави, виключні права першого винахідника на обмежений період, покарання за порушення права.

Практика передання технологій і створення нових виробництв була започаткована в Англії в XII ст., і до XIV ст. особливі привілеї королівська влада надавала окремим особам для захисту їх під час заснування нових виробництв за імпортованою технологією.

Ця охорона надавалася тому, хто впроваджує нову технологію, використовувати її можна було протягом періоду, достатнього для налагодження цієї технології та навчання інших користуватися нею. Виключне право було щитом у важкі роки становлення та своєрідною компенсацією за впровадження в державі нового виробництва.

Тимчасові права посвідчували переважно патентні грамоти, «відкриті листи», які мали таку назву тому, що печатка знаходилася з лицьової сторони розгорнутого аркуша. Такі грамоти виконували функцію офіційного сповіщення громадськості про надані права.

Система привілеїв розвивалася в Англії завдяки діяльності судів у напрямку надання прав, що ґрунтувалася виключно на процесуальних умовах. Деякі з них, наприклад надання детального опису, який вимагали з 1711 р., були передвісниками сучасних патентів.

США (1790 р.) і Франція (1791 р.) майже одночасно ухвалили закони про видання патентів усім винахідникам, за дотримання певних об'єктивних умов. Ст. 1 французького закону зазначала: «Будь-яке відкриття або новий винахід у будь-якому виді виробництва є власністю його автора, внаслідок цього закон має гарантувати йому всебічне й повне користування ним відповідно до умов і на термін, який буде встановлений далі».

Законодавець опікувався й національними інтересами. Так, ухвалена в у 1793 р. поправка до закону США дозволяла надавати патенти лише громадянам цієї країни, а у Франції особу, яка впроваджувала закордонну тех-

ніку, дорівнювали до справжнього винахідника. Винахідник, який одержував патент за кордоном, отримавши його до того у Франції, втрачав право користуватися останнім.

Нова патентна система набула поширення на початку XIX ст. в результаті застосування французького права в країнах, завойованих Наполеоном. Проте в монархічних державах, які збереглися або були відновлені після 1815 р., принцип привілеїв залишився, хоча на практиці право на патент визнавали скрізь.

З поширенням промислової революції на інші країни відбулося стрімке зростання кількості патентів. Якщо в 1815 – 1820 роках США, Франція та Британія разом видавали понад 100 патентів на рік, то в 1850 – 1854 роках кожна з цих країн щорічно видавала понад 1000 патентів.

Відбулися й якісні вдосконалення. Тих, хто просто ввозив техніку, перестали розглядати як винахідників, було розроблено концепцію новизни, переглянуто й у низці випадків спрощено формальні вимоги. Майже скрізь, за винятком США, де експертизу запровадили в 1836 р., переважала реєстраційна система.

Хоча іноземці, як правило, мали право одержувати місцеві патенти, патентування одного й того самого винаходу в низці країн залишалося ще рідкістю, переважно за відсутності необхідності або через складність процедури.

Здавалося, з розвитком торгівлі патентну систему скасують разом із митними бар'єрами. Проте винахідники та промисловці плекали ідею міжнародної охорони винаходів. Так, під час Всесвітньої промислової виставки 1873 р. у Відні Патентний конгрес подав різні пропозиції щодо цього. Тогочасна економічна криза не сприяла утвердженню ідей вільної торгівлі та відмови від патентів. Під час всесвітньої виставки в Парижі міжнародний конгрес розпочав підготовку рішення про міжнародну охорону промислової власності. Врешті-решт 20 березня 1883 р. на дипломатичній конференції в Парижі була підписана конвенція, що заснувала Союз з охорони промислової власності.

З підписанням Паризької конвенції розпочався період інтернаціоналізації промислової власності, зокрема патентної системи. Паризький союз заклав підґрунтя, яке уможливило прогрес шляхом періодичних переглядів Конвенції, що сприяло одержанню та підвищенню ефективності охорони винаходів, створюваних в одній із країн-членів, в інших країнах-членах.

Від початку свого існування Паризька конвенція передбачала можли-

вість укладання між державами-членами «особливих угод» щодо промислової власності. Цю можливість було використано під час укладання Договору про патентну кооперацію РСТ (1970 р.) та Європейської патентної конвенції (1973 р.). Зазначені спеціалізовані угоди сприяли розвитку патентного права.

Патентне право Росії загалом повторило шлях, який пройшло патентне право інших європейських країн. Прийняття в 1812 р. першого патентного закону передувало тривалий період привілеїв для окремих осіб. Перший патентний Закон Російської імперії «Про привілеї на різні винаходи й відкриття в художествах і ремеслах» встановив термін дії привілеїв від 3,5 до 10 років. Привілеї надавав міністр внутрішніх справ після розгляду питання Державною радою, без перевірки сутності винаходу. Виданий привілей міг бути оскаржений у судовому порядку в разі відсутності новизни винаходу. За видачу привілеїв стягували мито в розмірі 300, 500 або 1500 рублів. Було запроваджено публікацію опису винаходу, яку спочатку здійснювали за ініціативою самого винахідника. З 1814 р. вона стала обов'язковою.

У 1833 р. патентний закон зазнав суттєвих змін і доповнень. Нововведення були пов'язані з переходом до системи попереднього дослідження винаходів, покладенням на власника привілею використати винахід. Проаналізувавши норму закону, можна зробити висновок, що винаходом вважали нове та корисне вирішення завдання.

З 1870 р. привілеї надавали за підписом лише міністра фінансів. Відтоді привілей перетворився на документ, який констатував наявність передбачених законом прав у будь-кого, хто створював відповідно до вимог закону технічні нововведення.

Другий патентний закон Російської імперії «Положення про привілеї на винаходи і вдосконалення» був прийнятий 20 травня 1896 р. За новим законом винахід мав належати до галузі промисловості та мати суттєву новизну. Власник міг вільно відчужувати його, видавати ліцензії та передавати привілей у спадщину. Власник був зобов'язаний реалізовувати свій винахід протягом 5 років під загрозою припинення дії привілею.

12 вересня 1924 р. ЦВК СРСР ухвалив Положення про патенти на винаходи, за яким патент знову став єдиною формою охорони винахідницьких прав. Закон встановлював, що патенти видають на нові винаходи, які допускають промислове використання. Патент на винаходи видавали на 15 років, його можна було вільно відчужувати та передавати для використання іншій особі на розсуд патентовласника. Держава залишила за собою право у

разі неможливості отримати добровільну згоду патентовласника примусово відчужувати патент на свою користь у межах потреб державних підприємств і установ із виплатою патентовласникові певної винагороди.

Постанова про набуття чинності закону про патенти оголосила анульованими всі видані до більшовицького перевороту патенти, але передбачала можливість їхнього відновлення. Для цього власникам дорадянських патентів надавали право протягом одного року з дня набуття чинності закону про патенти клопотати перед Комітетом у справах винаходів про видання їм відповідного радянського патенту. Новий патент видавали не на 15 років, а з відрахуванням часу, протягом якого патентовласник користувався старим патентом. Закон про патенти 1924 р. був наближеним до тогочасних зразків закордонних патентних законів.

У 1931 р. закон про патенти на винаходи було замінено Положенням про винаходи й технічні вдосконалення, а патенти – авторськими свідоцтвами як основною формою охорони винахідницьких прав. Вони засвідчували визнання заявленого технічного рішення винаходом, підтверджували пріоритет винахідника та його авторство на винахід, слугували підставою надання винахідникові прав і пільг, встановлених чинним законодавством. Винагороду автору виплачували не конкретні підприємства, які використовували його винахід, а галузеві органи з винахідництва, які враховували розмір річної економії, одержаної від упровадження винаходу. Винагорода становила 20 % річної економії від 1 до 5 тис. крб. і знижувалася до 2 % за річної економії від 500 тис. крб. до 1 млн крб. і більше.

Радянське законодавство про винаходи зазнавало суттєвих змін тричі – у 1941, 1959 і 1973 роках, коли ухвалювали нові базові акти про винахідництво й акти, що доповнювали перші. Загалом вони мали єдину основу: передбачали дві форми охорони прав винахідників (авторське свідоцтво та патент), систему експертизи заявок, дозвільний порядок патентування винаходів за кордоном, можливість примусового викупу патенту державою. Зміни в основному стосувалися уточнення критеріїв охороноздатності винаходів, кола прав, які надавали авторам винаходів, порядку проведення експертизи заявок.

Проблеми реформи винахідницького права в СРСР активно обговорювали у 80-ті роки ХХ ст. 31 травня 1991 р. Верховна Рада СРСР ухвалила новий Закон «Про винаходи в СРСР», що набув чинності 1 липня 1991 р.

З утвердженням України як самостійної держави дався взнаки вакуум

навколо забезпечення охорони об'єктів промислової власності. Адже законодавство про винаходи та інші результати науково-технічної творчості належало до часів колишнього СРСР.

Початком організації національної патентної системи можна вважати 1993 р., коли постанова Кабінету Міністрів України від 27 січня 1993 р. за № 29 заснувала Державне патентне відомство України (Держпатент України) – центральний орган виконавчої влади.

За короткий термін було сформовано організаційну структуру Держпатенту, створено нормативно-правову базу для забезпечення правової охорони промислової власності на території України, організовано систему реєстрації прав на використання об'єктів промислової власності.

Після створення Державного департаменту інтелектуальної власності на базі науково-дослідного центру патентної експертизи (НДЦЕ) було засновано Державне підприємство «Український інститут промислової власності», підпорядковане першому.

15 грудня 1993 р. Верховна Рада України ухвалила закон № 3687-XII «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі», що регулює відносини, які виникають у зв'язку з набуттям і здійсненням права власності на винаходи та корисні моделі в Україні.

1.2.3. Наукове відкриття

Відкриття наукове – виявлення у процесі наукового пізнання природи і суспільства невідомих раніше закономірностей. Лежить в основі створення винаходів, визначаючи принципово нові напрямки розвитку науки і техніки та суспільного виробництва. Українське законодавство визнає відкриття об'єктом спеціальної правової охорони, вважаючи відкриттям встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей та явищ матеріального світу, що докорінно змінюють у рівні пізнання. З метою охорони в Україні здійснюються централізована державна реєстрація відкриттів і закріплення авторських і державних пріоритетів. Для отримання авторства на відкриття подається заява до Держпатенту України, яка має містити експериментальні чи теоретичні докази достовірності заявленого наукового положення. Рішення про визначення цього положення науковим відкриттям ухвалюється за згодою НАНУ. Якщо реєстрація відкриття протягом року не опротестована, автору видається диплом, що засвідчує державне визначення відкриття, його пріоритет, право на винагороду та інші права і пільги, які на-

даються законодавством авторам відкриття. Не видаються дипломи на відкриття наукове в галузі археології, географії, палеонтології, суспільних наук та пов'язані з виявленням корисних копалин [45].

Вперше питання про правову охорону наукових відкриттів було порушено в 1879 р. на Лондонському конгресі Міжнародної літературної та художньої асоціації. Пізніше – у Венеції (1888 р.), Берні (1896 р.), Тунісі (1898 р.), Гейдельберзі (1899 р.). Проте до Першої світової війни жодна з пропозицій Гейдельберга не була реалізована.

Після війни в Європі відновилися спроби врегулювати права авторів наукових відкриттів. У Франції були висунуті пропозиції винагороджувати вчених шляхом виділення їм частки прибутку, одержуваного від використання винаходів, ґрунтованих на наукових відкриттях.

За дорученням підкомісії італійський вчений, сенатор Ф. Руффіні підготував доповідь і проект міжнародної конвенції про охорону наукових відкриттів. Основний принцип проекту містила стаття, згідно з якою винахідники мають виключне право одержувати винагороду від своїх відкриттів.

Паралельно віце-директор Міжнародного бюро з охорони промислової власності Г. Гаріель підготував інший проект, в якому пропонував покласти виплату винагороди на промисловців, які використовують відкриття, і створити спеціальний фонд для таких виплат спочатку всередині окремих країн, а потім у міжнародному масштабі. Розмір винагороди мала визначати спеціальна комісія.

Комісія експертів Інституту інтелектуального співробітництва запропонувала розробити новий Проект міжнародної конвенції. У 1927 р. документ був поданий Міжнародній комісії з інтелектуального співробітництва.

Проект пропонував охороняти лише відкриття прикладного характеру, придатні для матеріального використання. Автор такого відкриття мав право на винагороду з боку осіб, які його використовують.

Після закінчення Другої світової війни спроби запровадити міжнародне регулювання в галузі охорони наукових відкриттів відновилися спочатку в межах неурядових, а потім і міжурядових організацій – ЮНЕСКО та Міжнародного об'єднаного бюро з охорони інтелектуальної власності.

Комітет експертів з питань прав учених, створений у 1953 р. Комісією з авторського права ЮНЕСКО, спробував юридично обґрунтувати права вчених. У його доповіді йшлося про специфіку охорони відкриттів трьох груп: відкриття має суто академічний характер, автор не розробив форм його

го практичного застосування; автор відкриття запропонував шлях його практичного застосування, але не розробив деталей; автор відкриття може використовувати патентну форму охорони.

У перших двох випадках автор має лише моральне право пріоритету на відкриття. Відзначалося, що жодна з чинних систем законодавства не встановлює спеціальної охорони прав авторів наукових відкриттів і лише премії, надані за відкриття, є підтвердженням авторства.

У подальшому питання про міжнародно-правове регулювання відносин, пов'язаних із науковими відкриттями, виникло у зв'язку зі створенням Всесвітньої організації інтелектуальної власності (ВОІВ). На Стокгольмській дипломатичній конференції 14 липня 1967 р. була підписана Конвенція про заснування ВОІВ, ст. 2 якої говорить, що інтелектуальна власність включає і права, які стосуються наукових відкриттів. Стокгольмська конвенція розглядає наукові відкриття як самостійний об'єкт охорони. Проте жодна з чинних міжнародних конвенцій не регулює питань охорони відкриттів.

Додання поняття відкриття до тексту Стокгольмської конвенції слід розглядати як визнання того, що необхідно здійснювати спеціальну охорону прав авторів наукових відкриттів як на національному, так і на міжнародному рівні, незалежно від охорони наукових творів як об'єктів авторського права.

На Дипломатичній конференції 1978 р. у Женеві був укладений Договір про міжнародну реєстрацію наукових відкриттів, який досі не набув чинності (його підписали 5 країн, у тому числі колишній СРСР, а для надання чинності необхідне приєднання 10 країн). Цей документ містить визначення понять «наукове відкриття», «автор наукового відкриття», «міжнародна реєстрація», «заявка», «заявник», «дата відкриття» тощо. У Договорі окреслені сфера дії міжнародної реєстрації, порядок подання й оформлення заявочної документації, реєстрації, видачі свідоцтва, публікації відомості про реєстрацію.

У СРСР інститут правової охорони наукових відкриттів був створений у 1947 р. за ініціативою президента Академії наук СРСР академіка С. І. Вавілова й набув чинності відповідно до постанови Ради Міністрів СРСР від 14 березня 1947 р. за № 525 «Про утворення при Раді Міністрів СРСР Комітету з винаходів і відкриттів». У 1946 – 1950 роках було зареєстровано 25 пріоритетів наукових відкриттів.

Інтенсивний розвиток наукових досліджень, активізація наукового по-

шуку наприкінці 1950-х початку 1960-х рр. стимулювали збільшення винахідницьких та раціоналізаторських пропозицій, а також потребували додаткового інформаційного матеріалу, тобто організації інформаційного забезпечення винахідницької та патентно-ліцензійної діяльності. У цей період для впорядкування винахідницької діяльності та підсилення інформаційного забезпечення наукового пошуку відбулася низка заходів.

23 лютого 1956 р. Рада Міністрів СРСР постановою № 274 надала чинності Положенню про Комітет у справах винаходів та відкриттів. Відтоді в СРСР почалася загальнодержавна реєстрація відкриттів та винаходів. 10 травня 1956 р. Комітет у справах винаходів та відкриттів при Раді Міністрів СРСР затвердив Порядок розгляду заявок на відкриття. Наказом Комітету від 2 вересня 1959 р. за № 163 затверджено Інструкцію про порядок прийому та розгляду заявок на відкриття. Відділ реєстрації науково-дослідних робіт спрямовував заявки про відкриття до Експертної ради Комітету, який після експертизи подавав відповідний висновок про можливість реєстрації розглянутих відкриттів на затвердження голові Комітету.

Постановою Ради Міністрів СРСР від 24 квітня 1959 р. за № 435 були затверджені Положення про відкриття, винаходи й раціоналізаторські пропозиції та Інструкція про винагороду за відкриття, винаходи та раціоналізаторські пропозиції. Відповідно до постанови Ради міністрів СРСР № 607 від 14.06.1962 «Про поліпшення охорони державних інтересів в галузі винаходів і про подальше поліпшення організації винахідництва в СРСР» Президією АН УРСР в 29 науково-дослідних установах організована патентна служба. У 1960 – 1965 роках у СРСР було зареєстровано 32 наукових відкриття.

У Положенні 1973 р. уточнено визначення поняття «відкриття». Чинне визначення (*«відкриттям визнається встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу»*) доповнене ознакою: *«які вносять докорінні зміни у рівень пізнання»*. У Положенні 1973 р. були зафіксовані також наступні нововведення: службове відкриття, тобто відкриття, зроблене у зв'язку з виконанням службових завдань; можливість опротестування реєстрації відкриття та диплому, який був виданий на нього, незалежно від терміну, що сплинув з моменту його офіційного визнання.

З 1 січня 1974 р. набуло чинності нове Положення про відкриття, винаходи та раціоналізаторські пропозиції, затверджене постановою Ради Міністрів СРСР від 31 серпня 1973 р. за № 584, яке передбачало уточнення,

розроблення та запровадження документів задля вдосконалення процедури охорони наукових відкриттів.

За період з 1947 до 1991 роки в СРСР було зареєстровано 403 наукових відкритті, при цьому були опубліковані відомості про 392 наукових відкритті.

Прикладом важливого відкриття, що стало основою для синтезу алмазів і створення сотень винаходів у цьому напрямку науки і техніки, стало відкриття харківського вченого О.І. Лейпунського з пріоритетом від серпня 1939 р. У 1972 р. йому було видано диплом на встановлення закономірностей утворення алмазів з наступним формулюванням: «Теоретически установлена неизвестная ранее закономерность синтеза алмаза из углерода – образование алмаза в области его стабильности в жидкой среде, растворяющей углерод или вступающей с ним в нестойкие химические соединения, при давлении и температуре (более 1400 К), отвечающих условию $p \geq 5,5 + 26,4 \cdot 10^{-3} T$ (К) тыс. ат.»

Починаючи з 1992 р. зареєстровано понад 220 відкриттів, по Україні – понад 30. Право на наукове відкриття в Україні законодавчо закріплене як окремий цивільно-правовий інститут, наукові відкриття виокремлені як самостійний об'єкт інтелектуальної власності.

1.2.4. Окремі рекомендації винахідникам

Технічна потреба, тобто індивідуальні чи громадські запити на нові технічні засоби, спонукає до винахідництва. Природа цієї потреби подвійна: випереджальне усвідомлення об'єктивних потреб винахідниками та реакція суспільства на відставання існуючого рівня техніки. Технічна потреба може бути задоволена лише за наявності технічної можливості. Протиріччя між ними стимулюють розвиток винахідництва.

Так, уже наприкінці XVIII ст. у Франції Тенантом було доведено, що алмаз є не що інше, як вуглець (графіт), а теоретичні передумови та технічні можливості перетворення графіту як сировини на штучний алмаз з'явилися лише в 1939 р. та 1953 р. відповідно. Те саме стосується й одного з металорізальних інструментів – фрези, яка теоретично була розроблена Леонардо да Вінчі, а в металі з'явилася лише в середині XIX ст.

Реалізація технічного завдання можлива лише за умови виникнення ідеї, а матеріалізація останньої здійснюється у вигляді технічних рішень, як системи засобів, що реалізують ідею.

Методологія вирішення технічних завдань складається з таких основних етапів:

- виявлення потреби та пошук і аналіз інформації;
- постава завдання та вибір засобів його вирішення;
- генерування та апробація ідеї;
- конкретизація, дослідна перевірка та оформлення рішення;
- технічна реалізація рішення.

Для доказу наведено два приклади геніальних винаходів минулого.

Англійському механіку Генрі Модслі належить найважливіший у процесі роботи над винаходом етап – просування винаходу у промисловість і тим самим закладення фундаменту технічного переозброєння металооброблення на новій більш високій основі. Цього не зробили, та й не могли зробити вельми досконалі хрестові супорти й автоматичні самоходи фігурних верстатів аматорських майстерень (А.К. Нартов, Дідро, Даламбер), і в цьому є основна й суттєва різниця між ними.

Патент 1784 р. розпочав епоху широкого використання парової машини. Геній Уатта полягає в тому, що цей патент показує парову машину не як винахід лише для особливої мети, а як універсальний двигун великої промисловості.

Найвищі задачі у винахідництві ґрунтуються на зміні всієї технічної системи, до якої входить об'єкт. Тут засоби рішення найчастіше ґрунтуються на великому експериментальному матеріалі. Так, для винаходу лужного акумулятора Т. Едісон здійснив 50000 дослідів. Між іншим, відомо, що він власник понад 1000 патентів США на винаходи.

Початковим етапом для вирішення винахідницьких завдань будь-якого рівня можуть стати наукові відкриття, про що йшлося вище на прикладі встановлення закономірностей утворення алмазів О.І. Лейпунським. На основі цього відкриття, починаючи з 1953 р., запропоновано кілька тисяч технічних рішень у галузі штучних алмазів.

Отже, технічна творчість є таким видом діяльності людини, для якої характерні постава технічного завдання й пошуки способу її вирішення. При цьому результатом є матеріальний об'єкт або засіб перетворення цього об'єкту. Винахідництво спричиняє отримання об'єктивно нового результату, тому є вищим ступенем технічної творчості.

Роль технічної творчості не обмежується матеріалізацією наукових знань у конкретні технічні засоби. Великою цінністю також є власне спосо-

би отримання нових результатів та їх узагальнення.

Існує кілька способів розкріпачення мислення, серед яких найголовніші:

- плануйте майбутнє, однак концентруйте увагу на теперішньому;
- одночасно виконуйте лише одну справу;
- навчіться розслаблятися фізично й психологічно, оскільки це знімає втому, заклопотаність і тривогу;
- замість того, щоб обдумувати негативні фанти, реагуйте тільки на реальні фанти.

Отже, творчість є одним із небагатьох засобів перетворення негативних емоцій на позитивні. Вона надає життю сенсу, хоча й не захищає від розчарувань. Творчі досягнення в науці і техніці дають ні з чим не порівняне задоволення.

1.3. Роль стандартизації та сертифікації в розвитку техніки

Поширення та глобалізація торгових відносин є одним із головних досягнень сучасного розвитку суспільства. На сьогоднішній день стандартизація та сертифікація, управління якістю складають взаємопов'язану систему, яка є невід'ємною частиною ринку. Характерною рисою ринкової економіки є наявність конкурентного середовища. Національна інфраструктура зі стандартизації, управління якістю, акредитації й метрології має важливе значення в забезпеченні виробництва конкурентоспроможної та якісної продукції як на внутрішньому ринку, так і в секторі експорту. Вона має вчасно надавати експортерам адекватну інформацію про технічні регламенти і стандарти та повідомляти їм про зміни, що передбачаються. Сертифікат відповідності, отриманий за помірну плату та в короткі терміни, має прийматися ринком, куди надходить продукція. Мають бути доступними консультаційні послуги, за допомогою яких можна переробити або покращити потенційну експортну продукцію для того, щоб вона відповідала особливостям ринку, на який експортується [47].

Стандартизація поєднує науку, техніку й виробництво, сприяє забезпеченню єдиної технічної політики в різних галузях економіки, технічного переозброєння виробництва, широкому впровадженню сучасної техніки та процесів, механізації й автоматизації виробничих процесів, підвищенню якості товарів. Все це створює умови для розвитку економіки країни. Стандартизація й сертифікація – це нормативно-методична база забезпечення

якості продукції й конкурентоздатності виробництва.

Вступ України до Світової організації торгівлі (СОТ) зумовлює актуалізацію чинних навчально-тематичних планів і програм з урахуванням вимог міжнародних настанов і стандартів. Розроблення нових навчально-тематичних планів і програм має здійснюватися з урахуванням специфіки й особливостей діяльності в межах СОТ. Необхідним є вивчення передового досвіду перехідного періоду найрозвиненіших країн світу.

Сучасний стан технічного регулювання відносин у сфері встановлення, застосування та виконання обов'язкових вимог до продукції, механізм перевірки дотримання таких вимог не відповідають основним положенням законодавства Європейського Союзу (ЄС). Вирішення означеної проблеми можливе за умови надання державної підтримки для розв'язання питання подальшого вдосконалення системи технічного регулювання та захисту прав споживачів.

Багатовікова історія стандартизації й сертифікації свідчить про тісний зв'язок з розвитком технічних наук. Фактична стандартизація виникла в глибокий давнині й супроводжувала побутову діяльність людини: перша писемність, системи обчислення, грошові розрахунки, літочислення, землеволодіння, архітектурні стилі, різноманітні гіпотези й теорії, громадські та карні кодекси, кодекси законів. Промислова чи офіційна стандартизація з'явилася пізніше з розвитком промислової галузі. Офіційна стандартизація (переважно промислова) завжди завершується виданням стандартів або інших нормативних документів, що мають цілком визначену форму, систему індексації, порядок затвердження й скасування, ступінь обов'язковості, терміни дії тощо [48].

Весь період еволюції стандартизації й сертифікації можна поділити на декілька етапів. Перший етап охоплює досить тривалий проміжок – з найдавніших часів до кінця XIX ст. Динаміка розвитку суспільства свідчить про вдосконалення трудової діяльності людей, створення нових знарядь праці та різних виробів, освоєння нових методів і навичок їх застосування. Тому з'явилася потреба у відборі та фіксуванні з метою подальшого використання найбільш вдалих результатів трудової діяльності, як-от: писемність, система обчислення, гроші, одиниці міри й ваги, архітектурні стилі, різні гіпотези та теорії – взагалі всі закони й моральні норми. Елементи стандартизації з'явилися тоді, коли ще не існувало поняття про цей термін. Вже за 2400 років до н. е. в Китаї було впроваджено єдину систему п'яти

мір. За одиницю цієї системи мір була прийнята відстань між двома вузлами бамбукової жердини, які давали звуковий тон. У стародавні часи на лісових складах Японії продавали різні будівельні деталі стандартних розмірів, що були готові до використання. Як будівельний стандарт для вимірювання площі забудови використовували спеціальну циновку (татамі), довжина якої відповідала зросту найвищого японця.

Історичні факти підтверджують гіпотезу про те, що історія стандартизації передусім почалася з нормування й контролю розмірних параметрів та уніфікації виробів. Так, протягом тисячоліть людство не мало жодної будівлі, яка могла б зрівнятися з грандіозністю пам'ятників єгипетської культури – піраміди у Гізі.

Найвідомішими в Європі виявилися системи одиниць стародавнього Вавилону та Єгипту. Так, у стародавньому Єгипті за одиницю довжини був прийнятий «лікоть» – міра, поширена практично в всьому стародавньому світі. На підставі цієї одиниці довжини міра площі – квадрат зі стороною в один лікоть; міра об'єму – куб зі стороною в один лікоть; міра ваги (маси) – вага води в обсязі кубічного ліктя. Геніальність цієї системи (як і китайської) підтверджує той факт, що за кілька тисяч років не вдалося винайти нічого кращого. Відомо, що І. Ньютон був автором дослідження щодо визначення довжини давньоєгипетського «священного ліктя». Відновлюючи його втрачене значення, І. Ньютон встановив, що розміри вивчених ним давніх єгипетських споруд знаходяться в цілочисельних відношеннях один до одного. Він дійшов висновку, що довжину, рівну їх найбільшому загальному дільнику, слід вважати стародавньою мірою довжини.

Ще в стародавньому Єгипті під час будівництва користувалися цеглою сталого, «стандартного» розміру, а спеціальні чиновники контролювали розміри цегли. Древні римляни застосовували принципи стандартизації під час будівництва водопроводів, труби яких були сталого розміру. Використання найдоцільніших рядів розмірів відомі ще з глибокої давнини: у I ст. до н. е. для римських водопроводів використовувалися колеса, градація діаметрів яких була підпорядкована законам геометричної прогресії.

Використання стандартизації в давнину не обмежалося лише будівництвом пірамід. Одним із прикладів може слугувати виникнення й розвиток способу відносних розмірів. Цей спосіб, який базується на головному параметрі, заснований на припущенні, що всі розміри будь-якої деталі машини пов'язані між собою деякими залежностями. Близько 4200 років тому

під час конструювання катапульти був застосований цей метод, за якого розміри всіх деталей катапульти залежали від одного головного параметра - довжини стріли, що метала ця машина. У Стародавньому Римі для вибору розмірів водяних коліс також застосовували метод відносних розмірів. Цей метод конструювання, описаний 2000 років тому, був забутий і знайшов своє нове застосування в техніці машинобудування лише в середині XIX століття [49].

Перші розвідки щодо сертифікації в давній період – це клеймування виробів як підтвердження високої якості роботи майстра; процедура страхування багато століть супроводжувалась оцінкою стану об'єкта, який страхується, що засвідчувалося документально. Зокрема, багато виробів з клеймом майстра знаходять під час археологічних розкопок античних міст-держав. У грецьких та римських містах також існував своєрідний метрологічний нагляд, що стежив за торгівлею на ринках, захищав права споживачів. Торговельна діяльність регулювалася законодавством, за виконанням якого також слідували представники цього нагляду, що стягували, можливо, мито з товарів, які ввозилися до міста. Ще ця інституція здійснювала контроль за цінами, обміном грошей, перевіркою мір та ваг, ставили клеймо на вагових гирях, а також спеціальному мірному посуді для позначення тим самим еталонного характеру їх об'єму. Вони також підтримували порядок на ринках, наглядали за їх чистотою.



Рисунок 1.43 – Гиря із Ольвії

В Ольвії, одним із свідоцтв діяльності перших метрологічних служб є наявність клейм на мірних посудинах місцевого виробництва, на бронзових гирях з написом «ΟΛΒΙΟ» та скороченими іменами посадових осіб. Часто на гирях зустрічається зображення дельфіна – складової герба Ольвії (рисунок 1.43). Це підсилювало державне значення цих мірних гир.

Розвиток ремесел у епоху середньовіччя впливав на розповсюдження стандартизації й сертифікації. Встановлювалися єдині розміри ширини тканини, єдина кількість ниток у її основі, а також єдині вимоги до сировини, яку використовували в ткацькому виробництві.

У XV ст. в епоху Відродження з розвитком торговельно-економічних зв'язків між країнами виникла потреба в будівництві великої кількості кораблів, для чого необхідно було по-новому організовувати їхнє виробництво. У Венеції, великій морській державі того часу, розвиток економічних і культурних зв'язків викликав велику потребу в морських транспортних судах і військових кораблях. Споруда тих та інших здійснювалася із заздалегідь виготовлених уніфікованих деталей і вузлів. Корпуси спускалися на воду й виводилися до вузького прямого довгого каналу, на обох боках якого розміщувалися робочі з матеріалами, необхідними для добудови на плаву цих судів. З просуванням корпусу каналом він оснащувався всім необхідним аж до завантаження прісної води, боєприпасів і команд. Наприкінці каналу судно було повністю готове та відразу виходило в море. Це був перший прообраз складального конвеєру. Згодом потокові методи виробництва в суднобудуванні були забуті та почали застосовуватися лише в тридцяті роки XX століття. За часів правління Івана Грозного для вимірювання гарматних ядер були запроваджені стандартні калібри-кружала. В Угличі були задіяні стандартні розміри на будівельні елементи під час зведення фортеці.

Промисловий переворот XVIII ст., що розпочався в Англії, а далі поширився в країнах Європи, США та Японії, привів до створення самостійної машинобудівної галузі. Це вплинуло на необхідність у виготовленні взаємозамінних універсальних виробів. У 1785 р. французький інженер Леблан виготовив партію (50 шт.) замків для рушниць, які були придатні для будь-якої з виготовлених рушниць і мали важливу якість – взаємозамінність. Ця ідея привернула увагу військових, і в 1793 р. американський фабрикант Є. Вітней уклав з урядом США угоду щодо постачання великої партії рушниць із взаємозамінними частинами. Виготовлення таких рушниць стало початком їх масового виробництва, але внаслідок цього виникла потреба в стандартизації основних параметрів. Тому в Німеччині на королівському збройному заводі «Оберндорф» прийняли стандарт на рушниці.

В Англії, а потім і в інших країнах, впроваджуються системи стандартизації гвинтових нарізувань з дюймовими розмірами (розроблені Джоном Вітвортом), що використовуються і сьогодні в низці країн разом із метрич-

ним нарізуванням. У 1846 р. у Німеччині уніфіковано ширину залізничної колії та розміри зчепів для вагонів. У 1869 р. уперше видано довідник, у якому надано розміри стандартних профілів катаного заліза. В Німеччині була стандартизована ширина залізничної колії, а в 1870 р. встановлено єдиний розмір цегли для всієї імперії. Прагнучи до розширення зовнішньої торгівлі, Петро I не лише запровадив технічні умови, що враховують високі вимоги іноземних ринків до російських товарів, а й організував у Петербурзькому й Архангельському урядах комісії, які стежили за якістю експортованої Росією сировини. Особливо широко стандартизація використовувалася під час будівництва флоту й створення озброєння. На Тульському заводі виготовлялося понад 7000 рушниць на місяць. З метою перевірки здійснювали розбирання близько 30 рушниць, які брали з партії довільно. Їх деталі змішувалися, після чого їх знову складали [50].

У XIX ст. на багатьох європейських підприємствах були розроблені й застосовані внутрішньозаводські правила, що дозволяли стандартизувати процеси виробництва й готову продукцію. В Західній Європі сертифікація з'явилась у XVIII–XIX ст. ст. із середовища ринку на добровільних засадах. Перший сертифікат на продукцію було видано в Німеччині наприкінці XIX ст.

Центром появи метричної системи заходів стала Франція. Декретом французького уряду від 10 грудня 1799 р. була легалізована й упроваджена як обов'язкова метрична система заходів. Поступово виникає завдання ліквідувати різнобій в одиницях, що використовувалися для практичних вимірювань не лише різними народами, а й у межах однієї країни. Спроби вирішення даного завдання призводять до створення метричної системи – найбільш прогресивної наукової основи вимірювань. 20 травня 1875 р. відбулася Міжнародна конференція, у роботі якої взяли участь представники 17 держав. Результатом цієї роботи стало підписання Метричної конвенції, яка стала першою міжнародною угодою з наукової діяльності. У 1886 р. у Дрездені (Німеччина) відбувся перший конгрес зі стандартизації, на якому обговорювалися питання міжнародної координації в галузі випробування матеріалів [51].

Отже, у другій половині XIX ст. роботи зі стандартизації здійснювалися майже на усіх промислових підприємствах багатьох країн, завдяки чому стала можливою раціоналізація процесів виробництва й, відповідно, отримання вищих прибутків. Унаслідок внутрішньозаводської стандартиза-

ції стала можливою раціоналізація процесів виробництва. Основна мета, про яку дбали підприємці під час упровадження стандартизації виробів, – отримання більш високих прибутків. І наприкінці XIX ст. постала потреба в міжнародних стандартах, які забезпечили б взаєморозуміння між країнами в певній галузі діяльності. Як результат у цей період з'явилися перші національні й міжнародні стандарти.

Власне наприкінці XIX ст. розпочався новий етап у розвитку стандартизації й сертифікації, пов'язаний зі створенням національних систем стандартизації. Першу національну інституцію зі стандартизації – Комітет технічної стандартизації (пізніше перетворений на Британську асоціацію стандартизації) – було організовано в 1901 р. у Великобританії. Головним завданням Комітету стало розроблення та впровадження стандартів на сировину, промислові вироби, військову техніку. Опублікування стандартів на продукцію було спрямовано на підсилення економічної могутності Британської імперії. Під час Першої світової війни після Великобританії ідею стандартизації взяли до уваги й інші промислово розвинені країни. Було створено національні організації зі стандартизації: у Голландії (1916 р.), Німеччині (1917 р.), Франції, Швейцарії, США (1918 р.). Одразу ж після війни організації зі стандартизації було створено в Бельгії та Канаді (1919 р.), Австрії (1920 р.), Італії, Японії та Угорщині (1921 р.), Австралії, Швеції, Чехословаччині (1922 р.), Норвегії (1923 р.), Фінляндії, Польщі (1924 р.), Данії (1926 р.), Румунії (1928 р.) [52].

Разом зі стандартизацією почали розвиватися процеси сертифікації. Перш за все, у провідних економічних країнах. Сертифікація охопила багато галузей промисловості та видів товарів, створювалися відповідні інституції, були засновані знаки відповідності стандартам у країнах Європи. Зокрема, Німецький інститут стандартів уперше заснував знак відповідності стандартам «DIN». Цей знак поширювався на всі види продукції, за винятком продукції, для якої передбачено спеціальний порядок проведення випробувань зразків та нагляду за виробництвом. У Великобританії діяло декілька національних систем сертифікації, найбільша з яких – Британський інститут стандартів. У Франції функції з організації робіт у галузі сертифікації виконувала Французька асоціація зі стандартизації [53].

У 1921 р. була проведена конференція, що сформулювала організаційні принципи, на основі яких у 1926 р. у Нью-Йорку було створено Міжнародну федерацію національних асоціацій зі стандартизації (International

Federation of the National Standardizing Associations – ISA), яка стала прототипом майбутньої ISO (International Standardization Organization). Друга Світова війна припинила роботи зі стандартизації та сертифікації на міжнародному рівні, і лише в 1946 р. була заснована ISO.

З цього часу й розпочався наступний етап розвитку стандартизації, який було засновано на міжнародному об'єднанні зусиль у галузі стандартизації. До складу ISO увійшли 33 країни. Утворення єдиного європейського ринку після підписання в 1957 р. Римського договору визначило пріоритети для Європейського союзу в сфері стандартизації. На Європейському континенті країни, що належать до Європейської економічної спільноти та Європейської спільноти вільної торгівлі, заснували в 1961 р. Комітет європейської координації стандартів [54].

Зазначимо, що в другій половині XX ст. виникла проблема технічної перешкоди в торгівлі між країнами-членами Європейського Союзу. Це було зумовлено наявністю великої кількості національних систем сертифікації в країнах Західної Європи й нормативних документів певних країн. Тобто однакові типи продукції оцінювалися різними методами, за різними показниками. Це привернуло більшу увагу до методів сертифікації й дало новий поштовх у її розвитку.

Розроблення міжнародних стандартів у електротехнічній та електронній промисловості здійснює Міжнародна електротехнічна комісія (IEC), яку було створено у 1906 р. На початку 1970-х років вона перша з міжнародних організацій почала створювати під своєю егідою системи сертифікації. Першою з міжнародних систем сертифікації була система виробів електричної техніки на відповідність вимогам стандартів IEC. Другою системою сертифікації, що створена в межах IEC, є система сертифікації електротехнічних виробів. З 1984 р. діє система з випробувань електричного обладнання на відповідність стандартам безпеки (IECEE). У 1986 р. створена система з сертифікації виробів електронної техніки (IECQ) [55].

Організації ISO та IEC разом з Міжнародною організацією законодавчої метрології (OIML), Міжнародною спілкою електрозв'язку (ITU) та Міжнародною конференцією з вимірювальної техніки та приладобудування (IECO) створили найбільшу в світі неурядову систему з метою добровільного промислово-технічного співробітництва на міжнародному рівні, вирішення проблем міжнародної стандартизації. В 2001 р. ISO, IEC та ITU створили Всесвітнє співробітництво щодо стандартів (WSC – Wold Standart Cooperation).

Українська система стандартизації й сертифікації почала створюватися ще в Середньовіччі. В Київській Русі перші писемні свідчення про уніфікацію мір і ваг містить Статут князя Володимира (996 р.), який є документальним підтвердженням того, що понад тисячі років існує вітчизняна стандартизація й метрологія. Тривалий час хранителями торгових мір і ваг були монастирі та церкви. Будівельники використовували цеглу «стандартної» форми, при цьому з обмеженої кількості цегляних профілів вони створювали безліч різних сполучень. Розвиток промисловості протягом XIX ст. дав поштовх організації стандартизації й сертифікації на національному рівні [56].

У XX ст. розвитку системи стандартизації й сертифікації в Україні сприяла діяльність Д.І. Менделєєва. Зусиллями вченого в Росії було реформовано всю систему технічного регулювання країни. В 1893 р. Депо для збереження зразкових мір та ваг перетворено на Головну палату мір та ваг. Першим її керівником призначено Д.І. Менделєєва. Завдяки створеним за ініціативою Д.І. Менделєєва в Головній палаті мір та ваг науково-дослідних лабораторій, заклад поступово став провідним науковим центром. Вчений реалізував декілька важливих завдань з удосконалення стандартизації й сертифікації. Це впровадження проекту нового закону про міри й ваги, який забезпечував якісно інший рівень державної метрологічної служби. Прийнятий закон про міри й ваги вперше дозволив факультативне застосування метричної системи (вживання метра дозволялося разом з використанням традиційно російських мір – аршина й фунта). Значну роботу здійснив Д.І. Менделєєв зі створення прототипів мір довжини й ваги та зі встановлення точних відношень між російськими одиницями мір і метричними, підготував базу для впровадження в Росії метричної системи. Ця робота була виконана за дуже короткий термін – шість років. Аналогічна робота в Англії здійснювалася 20 років, у Франції – 15 років [57].

Ще одне завдання, яке було реалізовано Д.І. Менделєєвим, – це організація робіт з прикладної метрології. Відповідно до вимог Закону, в 1900 р. було відкрито п'ять перших перевірочних палат – у Санкт-Петербурзі (дві), Москві, Варшаві, Павлові. В 1901 р. ще чотири, у тому числі у Харкові 8 жовтня була заснована перша на Україні палата торгових мір та ваги № 8. З 1902 р. перевірочні палати працювали також у Києві, Дніпропетровську, Одесі, Чернігові [58].

Заснування у Харкові першої перевіркової палати сприяло створенню в 1922 р. Української Головної Палати мір та ваг (УГП), яка стала центральним науково-технічним метрологічним закладом України (рисунок 1.44). Завдання, що вирішувалися співробітниками УГП, – це забезпечення на території країни однаковості, вірності й взаємної узгодженості будь-якого виду мір, розмірів, вимірювальних і контрольних приладів. Також проводилися наукові дослідження з вивчення й розроблення методів фізичних вимірювань, вимірювальних приладів та створення наукових методів для їх стандартизації. Запровадження метричної системи мір, установлення впродовж 1923–1924 рр. обов’язкової повірки й клеймування всіх мір і ваг визначили основні завдання співробітників УГП – забезпечення єдності мір на всій території України.



Рисунок 1.44 – Пам’ятна табличка

У 1931 р. Українська головна палата мір та ваг була реорганізована в Український Комітет стандартизації й почала виконувати нові функції –

розроблення проектів стандартів і технічних умов на вимірювальні й контрольні прилади. У серпні 1954 р. був утворений Комітет стандартизації, мір та вимірювальних приладів при РМ СРСР на базі Управління стандартизації при Держплані СРСР і Головної палати мір та вимірювальних приладів СРСР Міністерства фінансів СРСР. Таким чином, метрологія й стандартизація були об'єднані, але вже на іншій якісній основі.

У 1970 р. Президія Верховної Ради СРСР своїм указом з метою посилення керівництва справою стандартизації, підвищення ролі стандартів у покращенні якості продукції, укріплення державної дисципліни та підвищення відповідальності в цих питаннях перетворила Комітет стандартів, мір та вимірювальних приладів при РМ СРСР на Державний комітет стандартів Ради Міністрів СРСР. У грудні 1971 р. наказом Держстандарту СРСР №45 та рішенням РМ УРСР створене Українське республіканське управління Держстандарту СРСР. Після розпаду СРСР на теренах незалежної України почала розвиватися національна стандартизація, основним завданням якої було збереження наявного науково-технічного потенціалу й максимальне наближення до міжнародних та європейських вимог щодо структури, основних правил і процедур діяльності [60].

РОЗДІЛ 2

НАУКОВІ ЗНАННЯ З НАЙДАВНІШИХ ЧАСІВ ДО КІНЦЯ XVIII СТ.

2.1. Започаткування знань про різання матеріалів

2.1.1. Початкові періоди еволюції оброблення різанням, інструменту та інструментальних матеріалів

Оброблення матеріалів різанням є однією з перших найважливіших технологій, опанованих людиною. Сутність її полягає у відокремленні певної потрібної чи зайвої частини матеріалу від основи за допомогою різального інструменту, клин якого має гостру різальну кромку й дві робочі поверхні – передню та задню. Оскільки та частина матеріалу, що відокремлюється від основи, має певний об'єм, кінематика оброблення різанням повинна мати три наступні характеристики: головний рух (швидкість різання), рух подачі й ширину зрізання. До технології оброблення різанням у широкому розумінні техніки, фізики та кінематики процесів можна включити такі давні й більш пізні суспільно-необхідні заняття людини, як оранку землі, відокремлення м'яса від шкіри та кісток тварин, виготовлення знарядь праці з дерева та каменю, риття каналів, траншей і фортифікаційних споруд, видобування твердих корисних копалин, наприклад, торфу чи вугілля тощо [61]. Слід зазначити, що будь-яке оброблення різанням можна здійснити лише за умови використання усіх трьох складових класичної тріади, що визначає технологічну систему цього оброблення: «процес – верстат – інструмент». Наприклад, під час оранки інструментом є робочий орган плуга чи сохи – леміш, верстатом (робочою машиною) – корпус плуга (сохи) разом з тяглом (механічним чи за допомогою тварини), а процесом – режими та способи здійснення оранки, що задаються орачем – швидкість, глибина та ширина оранки, способи «всклад» чи «в розвал» тощо. В інших, більш простих та давніх процесах оброблення матеріалів різанням людина часто поєднувала в собі дві складові технологічної системи – процес та верстат і виконувала роботу вручну, поєднуючи потрібні рухи, зусилля та способи оброблення. Третя обов'язкова складова – інструмент, який попередньо старанно виготовлявся, був найдавнішою штучно створеною складовою технологічної системи і найбільшою мірою забезпечував якість та продуктивність оброблення різанням [62].

Починаючи з найдавніших часів, людина використовувала відомі їй на той час або створені штучно найтвердіші матеріали: кремій (мустьєрська епоха, мезоліт, неоліт), мідь і бронзу, яка є сплавом міді з оловом (єнеоліт, трипільська культура), і з початку 1 тис. до н.е. – найпримітивнішу вуглецеву сталь [63]. До інструментів висуваються такі основні вимоги: висока стійкість проти зношування, яка визначається твердістю інструментального матеріалу; висока міцність, що гарантує достатній опір інструментального матеріалу механічному руйнуванню; висока теплостійкість – здатність інструменту працювати за високих температур у зоні різання; низька інтенсивність тертя та адгезії в зоні контакту інструменту з виробом. У найдавніших технологіях головною вимогою до інструментального матеріалу була саме твердість останнього, а точніше – значне перевищення твердості цього матеріалу над твердістю оброблюваного матеріалу. У теперішні часи було визначено, що обов'язковою умовою ефективності процесу різання є таке співвідношення твердості, що перевищує 2:1 [64].

У вказані епохи еволюції підлягав інструментальний матеріал «кремій–бронза–сталь». Вона була викликана суспільними потребами і з кожним наступним періодом різальний інструмент набував нових якостей. Спочатку з великої кількості видів мінералів, що оточували людину в її побуті, було відібрано кремій для виготовлення знарядь праці та різноманітних інструментів. Цей вибір пояснюється не лише високою його твердістю, але й задовільною міцністю кремнієвого інструменту й доброю його оброблюваністю за умов формування леза шляхом сколювання невеликих частин матеріалу. Про високу культуру виробництва кремнієвих інструментів свідчить наявність майже однакових стандартних комплектів на величезних територіях різних цивілізацій, включаючи територію сучасної України [2].

З перебігом часу кремнієві інструменти виявили і свої суттєві недоліки – крихкість, що притаманна всім кристалічним тілам з ковалентним типом зв'язку, та неможливість створення прямолінійного гострого леза. Цей недолік був усунений з відкриттям і використанням металів. Вони, хоча і мають дещо меншу твердість, ніж камінь, проте відрізняються набагато вищою міцністю й оброблюваністю. Метали та їх сплави є кристалічними тілами з металевим типом зв'язку і, як наслідок, мають високі пластичні й ливарні властивості. Перешкодою для широкого використання металів у давні часи було те, що вони, за винятком золота та міді, не зустрічаються в природі у чистому вигляді, а лише в складі сполук (руд). Саме тому само-

родна мідь, як досить твердий метал, на відміну від м'якого золота, першою з металів стала застосовуватися для виготовлення робочих частин інструментів та знарядь праці [65].

Відкриття бронзи – сплаву міді з оловом – стало справжньою революцією в обробленні матеріалів різанням, оскільки бронза завдяки низькій температурі плавлення має добрі ливарні властивості, піддається куванню та іншим операціям формоутворюючого оброблення. Вона має значно вищу твердість, ніж мідь. В епоху енеоліту бронза стала основним матеріалом для виготовлення найбільш відповідальних знарядь праці та зброї. Основним недоліком цього матеріалу була невелика кількість розвіданих на той час покладів мідних та олов'яних руд і, як наслідок, дороговизна й дефіцитність інструментів з бронзи. Саме тому в епоху бронзи продовжували використовувати кам'яні знаряддя та інструменти. Монополії дефіцитної бронзи поклато край залізо, що з'явилося у кількостях, необхідних для широкого використання, у XII ст. до н.е. [2, 5].

Залізо, а точніше найпростіша вуглецева сталь, започаткувало епоху заліза. Цей метал не був дефіцитним, оскільки зустрічається в природі повсюдно у вигляді залізних руд, для відновлення яких за певних температур потрібно було лише органічне паливо. У перших металургійних технологіях паливом слугувало дерево. Найпростіша маловуглецева сталь, що використовувалася у Європі включно до пізнього середньовіччя, виготовлялася шляхом відновлення оксидів заліза за низьких температурах – 800...900 °С. Цей показник значно нижчий від температури плавлення заліза – 1539 °С. Метал отримували шляхом спалення деревного вугілля в невеликому сиродутному (без підігріву повітря) горні з ручними міхами. Із отриманого таким чином пористого нерозплавленого блюма в подальшому виковувалися бруски м'якої сталі. З них шляхом кування й пічного зварювання отримували деталі потрібної форми. У містах Київської Русі, зокрема в Києві, маловуглецеву сталь (крицю) виготовляли в численних сиродутних печах на місцевій сировині – озерних та болотних рудах. Наведемо такий приклад. На берегах р. Пеховки в давнину видобували болотну залізну руду, а смт. Димер (Київська область), що знаходиться на цих берегах, має назву, що в перекладі з турецької означає «залізо». Київські майстри опанували техніку лиття, ковальського зварювання, паяння, зміцнення металу наклепом і цементацією.

Освоєння технології маловуглецевої сталі давніми цивілізаціями важ-

ко переоцінити. Виготовлені в найпримітивнішій кузні гострі металеві плуг та сокира, леза яких можна відновлювати після затуплення в тих же кузнях, дали можливість цим цивілізаціям освоїти для землеробства та ремісництва степи й ліси, зокрема широкі території Північного Причорномор'я, Придніпров'я та інших територій сучасної України [63].

Суттєвим недоліком маловуглецевої сталі, який не дозволяв виготовляти з неї якісний різальний інструмент та холодну зброю, була її нездатність сприймати термічне оброблення – гартування, відпускання тощо. Неможливість структурних перетворень з метою підвищення твердості та досягнення високих різальних властивостей пояснювалось низьким вмістом у такій сталі вуглецю [65].

Зазначимо, що секрети «твердої» сталі були відомі древнім народам – міфічним халіпсам, що жили на південно-східному березі Чорного моря, а також китайцям та індійцям. Останні експортували таку сталь для виготовлення дамаських шабел. Таємниця цієї сталі полягала у додаванні до звичайної сталі 0,5–1% вуглецю з наступним гартуванням, відпусканням, пластичним деформуванням та абразивним обробленням. Вона використовувалася виключно для виготовлення холодної зброї й була настільки дорогою та рідкісною, що не могла відігравати помітної ролі в техніці аж до XVIII століття.

Розвиток мануфактурного виробництва в XIV – XVIII ст. потребував удосконалення знарядь праці, їх спеціалізації і, що найважливіше, зумовив систематичне застосування даних науки у виробництві [67]. Це пов'язано із швидкими темпами розвитку залізничного будівництва, військової промисловості й машинобудування, які висували підвищенні вимоги до якості й кількості виробництва заліза та сталі.

Другим народженням сталі вже як високоефективного та якісного інструментального й конструкційного матеріалу слід уважати 1722 р., коли була опублікована стаття відомого французького вченого першої половини XVIII ст. Р. Реомюра «L'art de convertir le Forgé en Acier» («Мистецтво перетворювати коване залізо на сталь») [2]. Шляхом проведення точних експериментів учений зумів розгадати таємницю давніх сталеплавильників Месопотамії, Китаю та Індії. Він довів, що таємниця полягає в оптимальному вмісті вуглецю в сталі. За даними сучасної науки вміст вуглецю в сталі, як залізовуглецевому сплаві, не має перевищувати 2,14%, а в іншому залізовуглецевому сплаві – чавуні – бути в межах 2,14–6,67% [68]. Реомюр показав, що виготовити якісну середньо- та високовуглецеву сталь, що добре термо-

зміцнюється, можна шляхом сумісного плавлення в одній печі відомої дешевої низьковуглецевої сталі та чавуну. Останній у Європі вперше було отримано на території сучасної Німеччині в XIV столітті, коли від час виконання традиційної технології в печі великого об'єму з дуттям від міхів, що працювали від гідроенергії, залізну руду було розплавлено. Розплав достатньою мірою насичувався вуглецем палива і після виливання рідкого металу до спеціальної ями було отримано «чушковий» чавун. Подальший розвиток цієї технології надав можливість освоїти рафінування чавуну й замінити горни на доменні печі [5].

Найдавнішими з різальних інструментів слід вважати різець та перове свердло, час і місце винайдення яких та ім'я винахідника визначити неможливо. Однак уже на початку XVIII ст. було відомо біля 40 видів токарних різців. Розточувальний та розсвердлювальний інструмент виник у зв'язку з потребами водопровідної та військової справи в XIV–XV ст. Середньовіковим майстрам був відомий уже в XVI ст. металевий напилок. Під час свердління заготовки ствола гармати «по цілому» англійський механік Вількінсон у 1774–1775 рр. послідовно застосовував набір «ложкових» свердел. Збільшуючи з кожним проходом діаметр отвору, чистову розточку він здійснював багаторізцевою голівкою. Дискові свердла Смітона та Вількінсона для розсвердлювання чавунних циліндрів парових машин Уатта діаметром 1000 – 2000 мм виготовлялись із чавунного диска, який мав приблизно такий же діаметр, як і отвір циліндра. На периферії диска кріпилися численні різці. У XVIII ст. були відомі інструменти для нарізання різьби на гвинтах та у гайках: гребінки, мітчики, клупи з плашками. Генрі Модслі вдосконалив процес отримання різьби. Він встановив гребінку в хрестовому супорті й застосував ділильне коло для отримання потрібного кроку різьби. Винахідник також створив гаму гвинторізів – клупів з плашками діаметром від 6 дюймів до дрібнорозмірних плашок для отримання гвинтів годинникових механізмів [69].

Ідея винаходу фрези, як багатозубого високопродуктивного різального інструменту, що обертається, про що йшлося вище, належить Леонардо да Вінчі (кінець XV ст.) [10]. Однак широкого промислового використання фрезерування набуло пізніше, у XIX ст.

Виникають нові типи різальних інструментів: спіральне свердло, круглі різці, різбові та черв'ячні фрези, довбачі. Інструмент на той час виготовлявся цільним.

2.1.2. Розвиток металорізальних верстатів

Другою важливою складовою класичної тріади оброблення матеріалів різанням (процес–верстат–інструмент) є металорізальний верстат. Його винайдено значно пізніше, ніж інструмент, оскільки функції верстата – головні та допоміжні рухи, послідовність операцій спочатку виконувала сама людина. Прамоделлю верстата, очевидно, можна вважати гончарний круг, головною ознакою якого є обертальний рух, притаманний і металорізальним верстатам, які працюють за кінематичною схемою з обертанням як головним рухом: токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні, зубо- та різьбонарізні верстати.

Винахід токарного верстата в VI ст. до н.е. у Давній Греції належить Феодору Самоському. На верстаті виготовляли вироби з дерева, бронзові литі посудини, а також дзеркала [7]. У Києві, інших містах Київської Русі токарні верстати були в багатьох ремісників, про що свідчать археологічні знахідки виробів із дерева. Широко розповсюдженими на той час були потужні пружинні токарні верстати з ножним приводом. Тодішні верстати мали двобічне переривчасте обертання шпинделя. Знайдено уламки дерев'яних коліс великого діаметру (понад 400 мм). У Києві та інших містах держави використовувались також різноманітні свердлильні верстати [70].

До середини XVIII ст. оброблення металів різанням слід уважати ручною працею, оскільки найдосконалішим технічним засобом для її здійснення на той період все-таки був немеханізований, так званий лучковий токарний верстат. Принцип його дії був таким. Один кінець мотузки було прикріплено до гнучкої жердини, (аналог тятиви лука). Ця мотузка обвивала один раз валик (шпиндель) верстату. Інший кінець мотузки кріпився до дошки, яка слугувала педаллю. Натискуючи останню, верстатник обертав валик, на якому було закріплено заготованку деталі. Під час роботи на цьому верстаті інструмент треба було тримати в руках. Рух подачі здійснювали вручну в потрібному напрямі відповідно до форми деталі [71].

Використання пороху для вогнепальної зброї у Європі, починаючи з середини XIV ст., викликало потребу у створенні свердлильних та розточувальних верстатів для оброблення глибоких отворів у дулах гармат та стрілецької зброї. Відлиті з бронзи або чавуну масивні дула гармат (лафети того часу виготовлялися з твердого дерева) розсвердлювали у вертикальному положенні, обертаючи свердло за допомогою водяного колеса. Подача здійснювалася під вагою дула, коли робітники звільняли перекинутий через

блоки канат, на якому дуло було підвішено. Цей принципово новий технічний пристрій у металообробленні поклав початок свердлильним верстатам. Пізніше були створені точніші верстати, на яких дула гармат розсвердлювали в горизонтальному положенні з приводом від горизонтального водяного колеса. На валу останнього кріпилося свердло [7].

У 1430 р. в Німеччині, у зв'язку із впровадженням міського водопроводу, створено свердлильний верстат для отримання отворів у трубах, який працював виключно за допомогою сили води. Наприкінці XV ст. Леонардо да Вінчі винайшов механічні ножиці для розрізування листової сталі, які приводились в дію силою води. Він сконструював також шліфувальний верстат, де вперше у практиці металооброблення було запропоновано використовувати зв'язаний природний наждак як абразивний матеріал [10].

У XVI ст. було створено верстат для насікання металевих напилок ударами молотка, в якому сила удару збільшувалась за допомогою особливого ремінного пристрою. Тоді ж помітні зміни сталися в конструкції токарного верстата. Кінематична схема верстата 1500 р., що зберігся до наших днів, має стальні центри та люнет. Останній міг бути закріпленим у будь-якому місці між центрами. Такі верстати використовувались в усіх країнах Європи й надавали можливість обробляти різанням складні деталі – тіла обертання, включаючи кулясті вироби. На початку XVI ст. було створено перший токарний верстат з неперервним однобічним і стабілізованим обертанням заготовки та надійним її закріпленням. На початку XVII ст. його конструкція стала більш досконалою, тому набула широкого розповсюдження [72].

Подальші вдосконалення токарних верстатів на початку останньої третини XVII ст. стосувались введення в кінематичну схему, разом з кривошипом і маховиком для стабілізації обертання шпинделя, пристрою для зміни швидкостей різання. Верстат приводився в роботу від водяного колеса. Проте у всіх найдосконаліших токарних верстах у XVII ст. різець тримав у руках робітник. У першій чверті XVIII ст., на початку епохи машинної індустрії та технічної революції, завершенням першої фази якої слід уважати винайдення універсального парового двигуна, значно збільшилася частка металевих виробів, що оброблялися різанням на токарних верстатах. У зв'язку з цим постала проблема жорсткого кріплення різця й механічного переміщення його вздовж деталі, оскільки рука людини вже не могла справлятися зі значно більшими, порівняно з обробленням дерева, силами різання. Самохідний при-

стрій, якій забезпечував вирішення вказаних завдань, дістав назву супорта. Його попередником на початку XVIII ст. був підручник, на котрий опирався різець за схемою важеля II роду під час точіння [69].

Перша спроба вирішення проблеми самохідного супорта була реалізована в 1712 р. в копіювальному токарному верстаті А.К. Нартова, що призначався для оброблення деталей годинників. У 1718–1729 рр. винахідник удосконалив своє технічне рішення. Він розташував поруч копіювальний палець та різцевий супорт, які приводилися в рух одним ходовим гвинтом з різним кроком різьби для копіра та супорта. Супорт переміщувався вздовж копіра й заготовки автоматично без втручання верстатника (рис. 2.1). Цей верстат був призначений для оброблення твердого дерева та кості, вирізнявся складністю й великим кінематичним ланцюгом. Недоліком супорта Нартова була також відсутність поперечної подачі [63, 73].

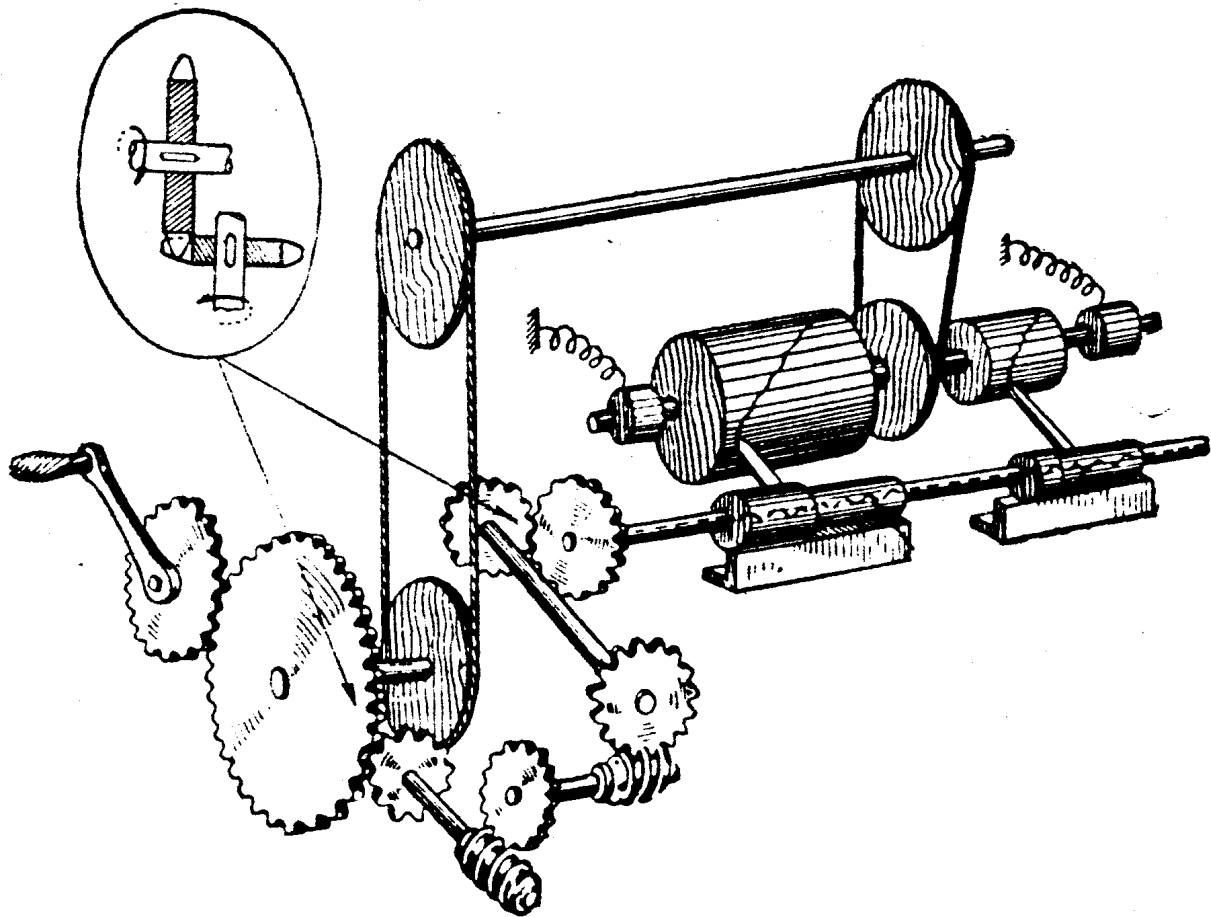


Рисунок 2.1 – Супорт А.К. Нартова

У 1772 р. в «Енциклопедії», виданій французькими вченими Дідро і Д'Аламбером, вперше надано зображення хрестового супорта токарного верстата (рис. 2.2).

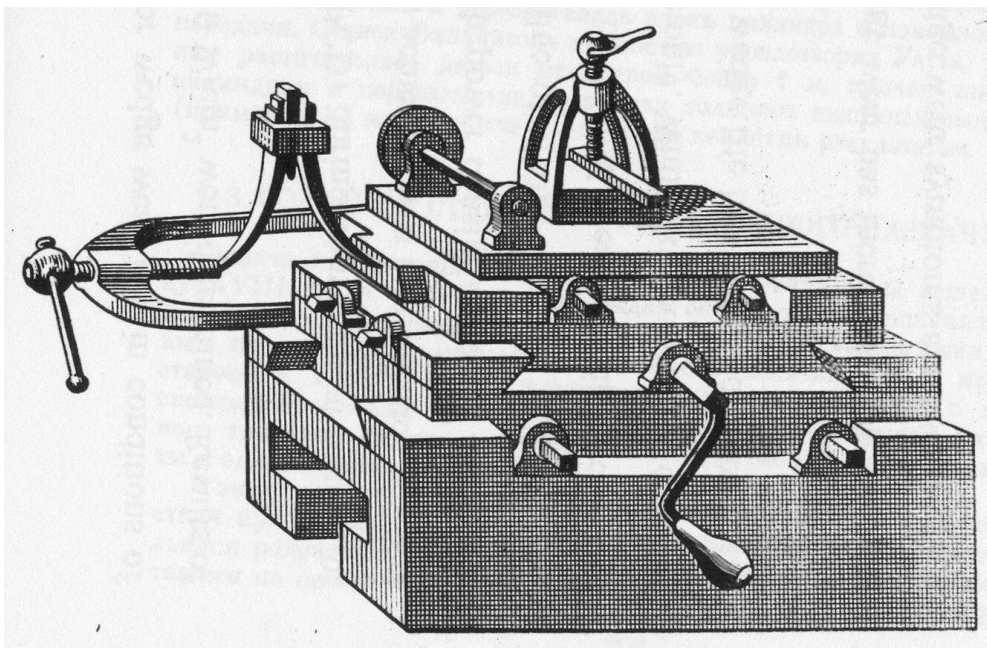


Рисунок 2.2 – Супорт Дідро і Д'Аламбера

Такий супорт обертався навколо своєї осі і вручну подавався до оброблюваної заготовки [72]. Зазначимо, що супорт сучасних універсальних токарних верстатів забезпечує механічне, ручне й прискорене переміщення інструмента у двох координатах, тобто поперечну та поздовжню подачі, які кінематично пов'язуються й узгоджуються з головним рухом – обертанням шпинделя.

Стрімкий розвиток мануфактурного виробництва вимагав потужного універсального двигуна для машин, зокрема, і для металорізальних верстатів. До створення такого двигуна з давніх часів слугувало водяне колесо. Воно було універсальним за технічним призначенням і використовувалося для приводу токарних, розточувальних та свердлильних верстатів. Проте водяний двигун мав серйозний недолік – залежність від природних водних потоків. Саме тому у Великобританії, як одній з найбільш промислово розвинених на той час країн, у першій половині XVIII ст. відбулися кардинальні зміни у відомому на той час двигуні вузького спеціального призначення – паровій машині [67].

Шотландцем за походженням Джеймсом Уаттом було створено універсальний паровий двигун, придатний для широкого практичного використання. З 1757 р. винахідник працює над вдосконаленням механіки відомих парових машин. У 1765 р. з'явилася його перша власна модель. У 1782 р. Уатт запатентував у Англії паровий двигун подвійної дії. Винахідник так описував свій винахід: «Моє поліпшення парових або вогневих машин по-

лягає у використанні пружної сили пари для того, щоб рухати поршень вгору, а також притискувати його вниз поперемінно, створюючи вакуум над або під поршнем і водночас використовуючи дію пари на поршень у тій частині циліндра, де немає вихлопу пари; машина, яка сконструйована так, може дати подвійну кількість роботи, або розвинути подвійну потужність в один і той же час (з циліндром однакових розмірів) порівняно з машиною, у котрій активна сила пари діє на поршень лише в одному напрямку – або вгору, або вниз» [74].

Зазначимо, що перша безперервно діюча машина, в якій джерелом сили слугувала водяна пара, була створена І.І. Ползуновим у 1763 р., але вона забезпечувала лише зворотно-поступальний рух робочих пристроїв [75]. Патентом 1784 р. Уатт закріпив тип парової машини подвійної дії з безперервним обертальним рухом, котра протягом тривалого часу залишалась незмінною. Патентом передбачались наступні вдосконалення машини 1782 р.: автоматично діючий золотник для подачі пари в різні порожнини циліндра; маховик для згладжування коливань частоти обертання; відцентровий регулятор з безперервним обертальним рухом та інші. Розповсюдження парових машин Уатта було надзвичайно швидким. У 1800 р. у Великобританії та Ірландії в різних галузях промисловості працювала 321 машина загальною потужністю 5210 к.с. [7].

Завершуючи технічну та промислову революції кінця XVIII ст. і будучи її останньою ланкою, парова машина Уатта стала тим фактором, що спонукав подальший бурхливий розвиток машинної індустрії.

Такі технічні показники не могли бути досягнуті без якісного перелому в техніці оброблення металів різанням. Зокрема, отримання високого тиску пари та зменшення втрат (витікання) пари могло бути забезпечено лише високою точністю виготовлення циліндра, поршня та інших деталей машини. Як приклад блискучого вирішення проблеми точності деталі шляхом удосконалення кінематики металорізального верстата можна навести розточку циліндрів великого діаметра для парових машин Уатта, яку здійснив у 1775 р. Джон Вілкінсон на Бершемському заводі в Англії. Механік закріпив свердлильну штангу розточувального верстата з обох боків у підшипниках ковзання, вперше влаштувавши для дискового або циліндричного свердла точні напрямні. Борштанга пересувалась уздовж циліндра за допомогою гвинтової передачі, обертаючись спочатку від водяного колеса, а пізніше – від парової машини (рис. 2.3).

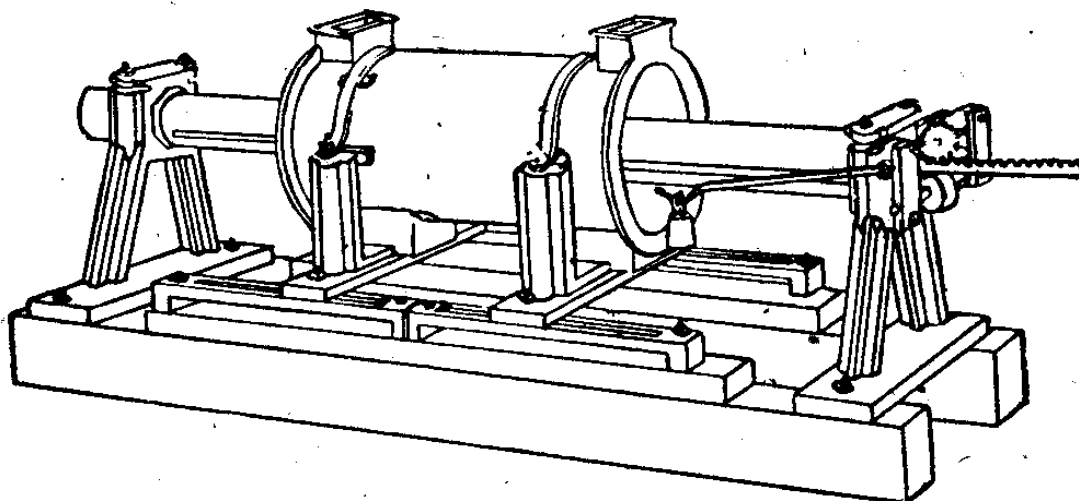


Рисунок 2.3 – Верстат Вілкінсона

У подальшому Вілкінсон поєднав поздовжню подачу свердла з головним рухом різання через рейкову передачу, механізувавши таким чином процес розсвердлювання. У квітні 1775 р. Уатт отримав від Вілкінсона перший чавунний циліндр з розточеним отвором діаметром майже 2000 мм і написав з цього приводу, що така точність його повністю задовольняє, оскільки зазор між циліндром і поршнем «не перевищував товщину шестипенсової монети» (біля 1,5 мм) [69].

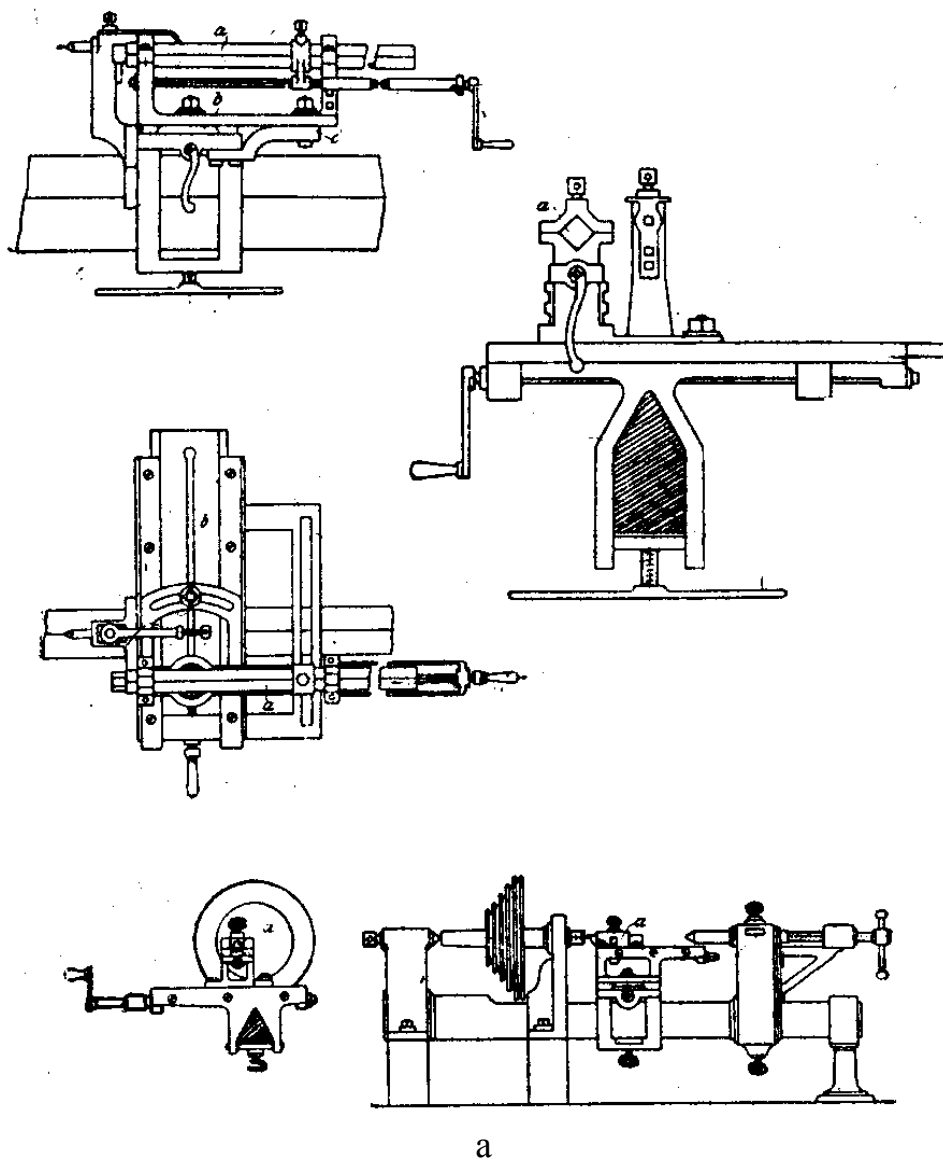


Рисунок 2.4. – Генрі Модслі

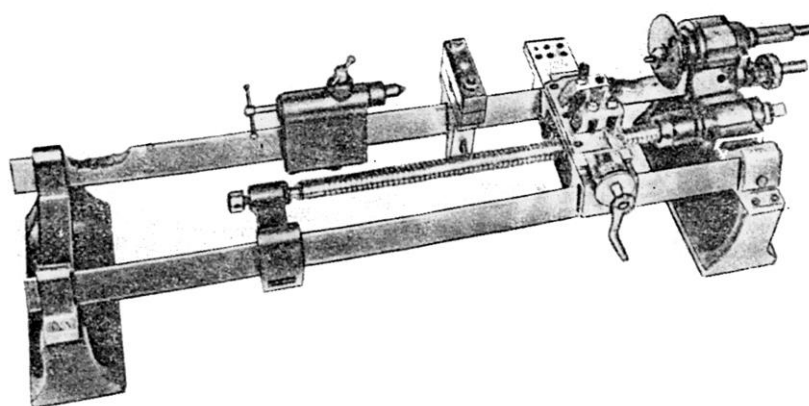
В цілому проблема механізації процесу різання металів була практично повністю вирішена наприкінці XVIII ст. англійським механіком Генрі Модслі (рис. 2.4). До цього на відомих на той час типах дерево- та металорізальних верстатів – токарних, розточувальних, свердлильних, стругальних та шліфувальних – використовувались окремі елементи механізації: патрон, люнет, передній та задній центри, ходовий гвинт, набір зубчастих коліс для змінювання величини поздовжньої подачі, рухомий супорт тощо.

Для створення універсального токарного верстата всі ці деталі та вузли треба було поєднати. Модслі, працюючи ковалем, токарем, механіком, креслярем, ознайомився з усіма відомими на той час верстатами і знайшов їх слабкі місця. У 1794 р. він запропонував рухомий супорт. Супорт мав різцетримач і міг закріплюватися на одній із на-

прямних у будь-якому місці зони оброблення і переміщуватися за допомогою двох гвинтів у поздовжньому та поперечному напрямках [69] (рис. 2.5а).



а



б

Рисунок 2.5 – Супорт (1794 р.) і перший верстат Г. Модслі

У верстаті Модслі 1798 р. напрямні мали V-подібну форму, змінні ходові гвинти для нарізання різьби різних кроків на одній напрямній, а також люнет та задній центр, що могли переміщуватися на іншій напрямній (рис. 2.5б). У третьому верстаті Модслі в 1800 р. змінні ходові гвинти було замінено на змінні зубчасті колеса. При цьому єдиний ходовий гвинт розміщувався між напрямними й кріпився на чавунній станині в підшипниках. У цьому верстаті було поєднано V-подібну напрямну з плоскою. Приводом верстату Модслі слугувала парова машина Уатта, рух від якої передавався центральному валу, – системою плоскопосових передач усім верстатам та пристроям цеху (рис. 2.6).

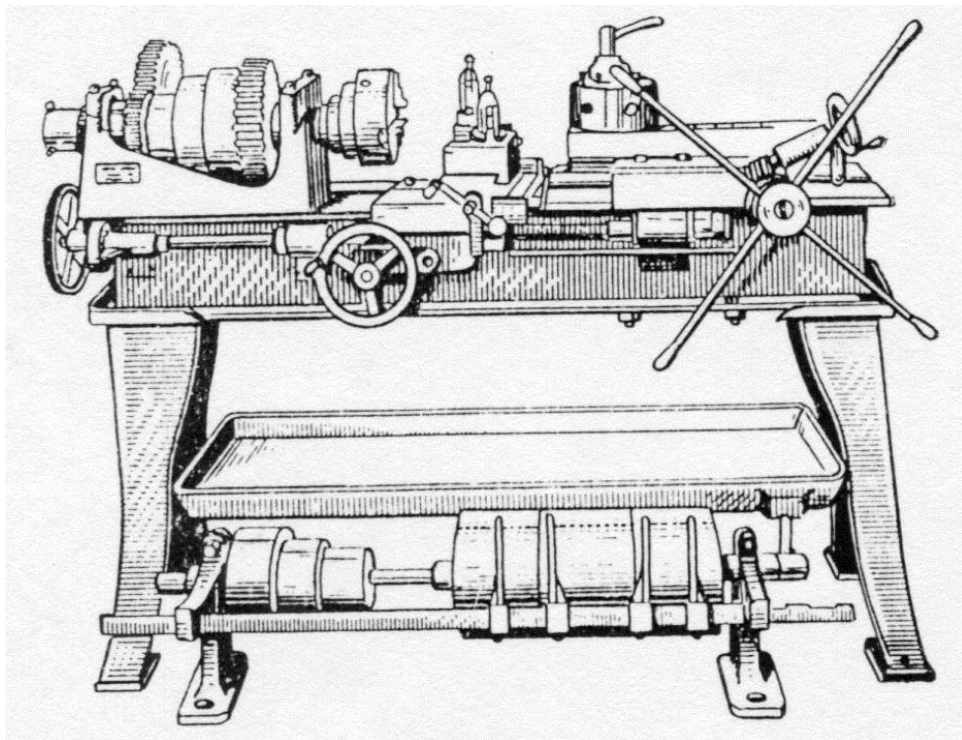


Рисунок 2.6 – Верстат на основі конструкції Г.Модслі

За винятком правобічного розміщення шпинделя, на відміну від ліво-бічного в сучасних верстатах, останній верстат Модслі є прототипом сього-днішніх універсальних токарно-гвинторізальних верстатів. Ще однією за-слугою винахідника також є його розуміння необхідності уніфікації деяких видів деталей. Винахідник першим упровадив стандартизацію різьб на гви-нтах та гайках. Г. Модслі на своїх підприємствах почав випускати набори мітчиків і плашок для нарізання різьб. До цього однакові гвинтові пари мі-тили, оскільки не можна було забезпечити взаємозамінність деталей, хоча промислове виробництво гвинтів і гайок існувало в Англії з 1792 р.

Отже, самохідний супорт уперше перетворив знаряддя виробництва

на машину, оскільки робоча частина знаряддя – різальний інструмент – була передана із рук людини механізму, а сам Генрі Модслі заслужено вважається родоначальником школи машинобудівників [67].

Найбільш досконалий на той час фрезерний верстат учня Г. Модслі Джеймса Несміта (1830 р.) був фактично спеціалізованим токарним верстатом зі зміненою схемою оброблення. Водохолоджувана фреза вставлялася в патрон, а деталь кріпилася на оправці з пристроєм повороту на 60° .

Д. Несміт отримав гідну освіту й став відомим не лише як винахідник, а й як популяризатор технічних знань. Зокрема, він написав вступ до книги-довідника шотландця Р. Бехенена (Robertson Buchanan. «Practical essay on mill work and other machinery». London, 1841), що була надрукована в першому десятилітті XIX ст. і витримала п'ять видань. Ця книга довгий час була основним підручником з металооброблення. У переробці останнього видання книги Д. Несміт розмістив свою статтю, в якій зазначив, що за останні 30 років (1810 – 1840 рр.) машинобудування досягло успіхів, які перевищили все зроблене за попереднє століття [23].

Подальше вдосконалення металорізальних верстатів дало можливість надавати необхідної конфігурації деталям машин, у першу чергу, зубчастим колесам. Проте, хоча примітивна розмітка зубців цих коліс використовувалася давно, лише Д. Рамсден (Англія) у 1780 р. удосконалив свій спосіб і пристрій повністю механізованого початкового поділу кола. Наприкінці XVIII ст. уже широко використовували цей спосіб і пристрій. На рис. 2.7 показано нарізання зубчастого колеса модульною дисковою фрезою за схемою копіювання з використанням ділильного пристрою та супорта Г. Модслі.

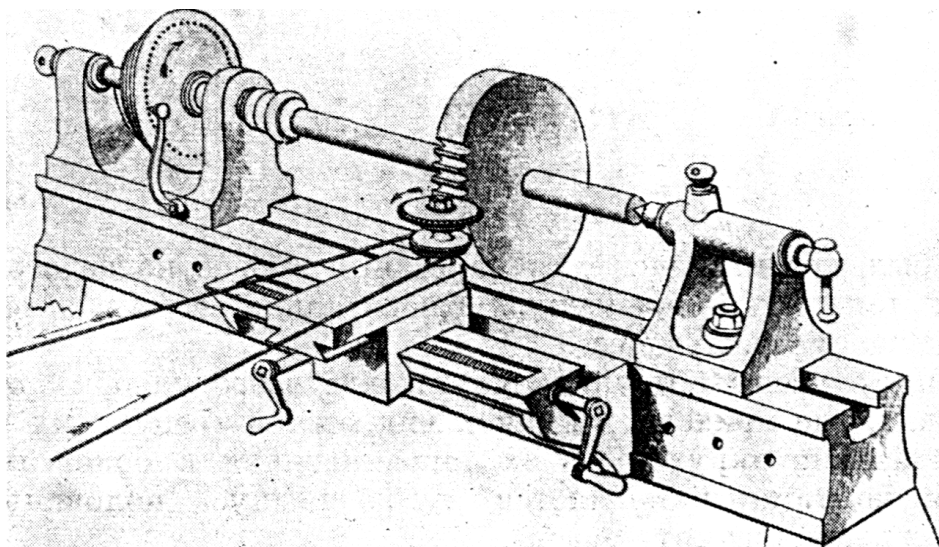


Рисунок. 2.7 – Нарізання зубчастих коліс

Слід зазначити, що на початок XIX ст. зубчасте колесо завдяки дослідженням профілювання і, у першу чергу, за схемою евольвенти, механізованому поділу заготовки, а також створенню спеціалізованого зубофрезерного верстата з супортом Г. Модслі й використанню дискових та пальцевих модульних фрез, набуло практично сучасного вигляду.

Взагалі в XIX ст. домінували п'ять основних типів верстатів: токарні, стругальні (довбальні), свердлильні, фрезерні та шліфувальні. З 70-х років усі ці типи верстатів розвиваються в бік більш вузької диференціації. З'являються спеціальні верстати, які виконують одну певну операцію. Від кожного основного виду верстатів розвинулись нові споріднені типи. Наприклад, від універсального токарного верстату відпочкувався верстат для розточування глибоких циліндричних отворів у гарматних дулах та гребних гвинтах. Потім на базі останнього було створено горизонтально-розточувальний верстат. Водночас було сконструйовано лобовий токарний верстат для оброблення великих площин. Для виробів з важкими громіздкими площинами було запропоновано карусельно-токарний верстат. Прості шліфувальні верстати трансформуються у верстати для зовнішнього шліфування, для внутрішнього шліфування, плоскошліфувальні, безцентровошліфувальні. Фрезерні верстати стають основою вертикально-, горизонтально-фрезерних верстатів для фрезерування зубчастих коліс, нарізання різьби фрезеруванням і т.п.

Отримав подальший розвиток і механічний супорт, який увійшов у конструкцію всіх верстатів. Рух супорта було автоматизовано. Виникли верстати-автомати та напіваавтомати, в яких підведення інструменту, рух подачі й відведення інструменту в початкове положення здійснювалось автоматично.

Електродвигун, як основа приводу, на початку 80-х років XIX ст. став замінювати парову машину, яка домінувала в машинобудуванні як привід металорізальних верстатів понад 100 років. У цей же час почалось удосконалення передачі енергії від двигуна до робочої машини. Ще наприкінці століття можна було бачити в цеху центральний привідний вал і систему пасових передач від останнього до верстату в кожному механічному відділенні чи цеху в цілому (рис. 2.8).

Потім на промислових підприємствах було запропоновано груповий електропривод, який передбачав розосередження енергії одного потужного електродвигуна на кілька менш потужних і розміщення останніх безпосередньо в це-

ху. При цьому кожна з груп верстатів мала свій привід і більш точне та гнучке управління. Однак лише впровадження індивідуального електроприводу за схемою «один електродвигун – один верстат» спростило конструкцію останнього й дозволило повністю відмовитися від громіздких пасових передач.

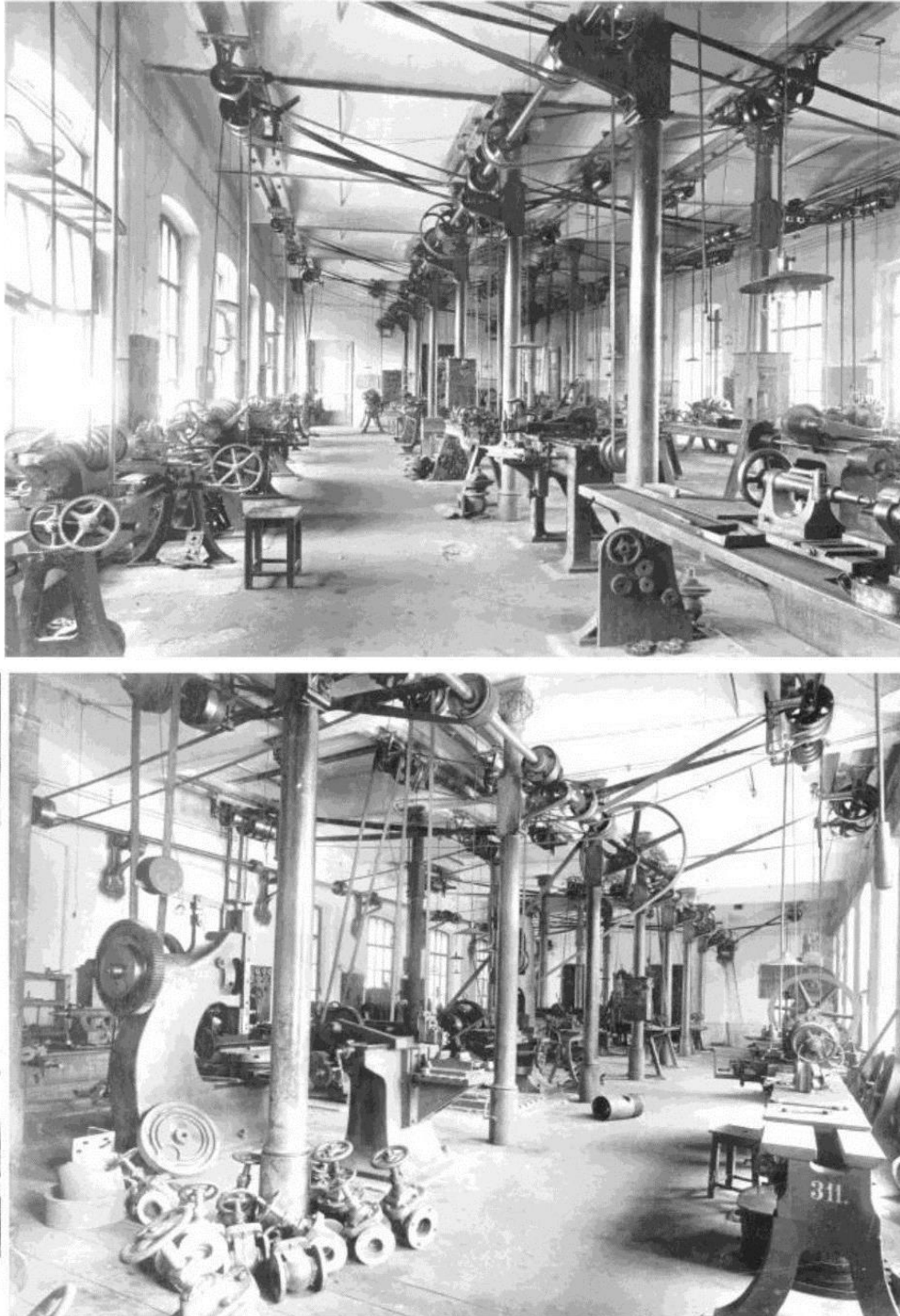


Рисунок 2.8 – Цехи механічних майстерень ХТІ наприкінці XIX ст.

Виникнення та розвиток металорізальних верстатів у цілому подано в роботі [23], рис. 2.9.

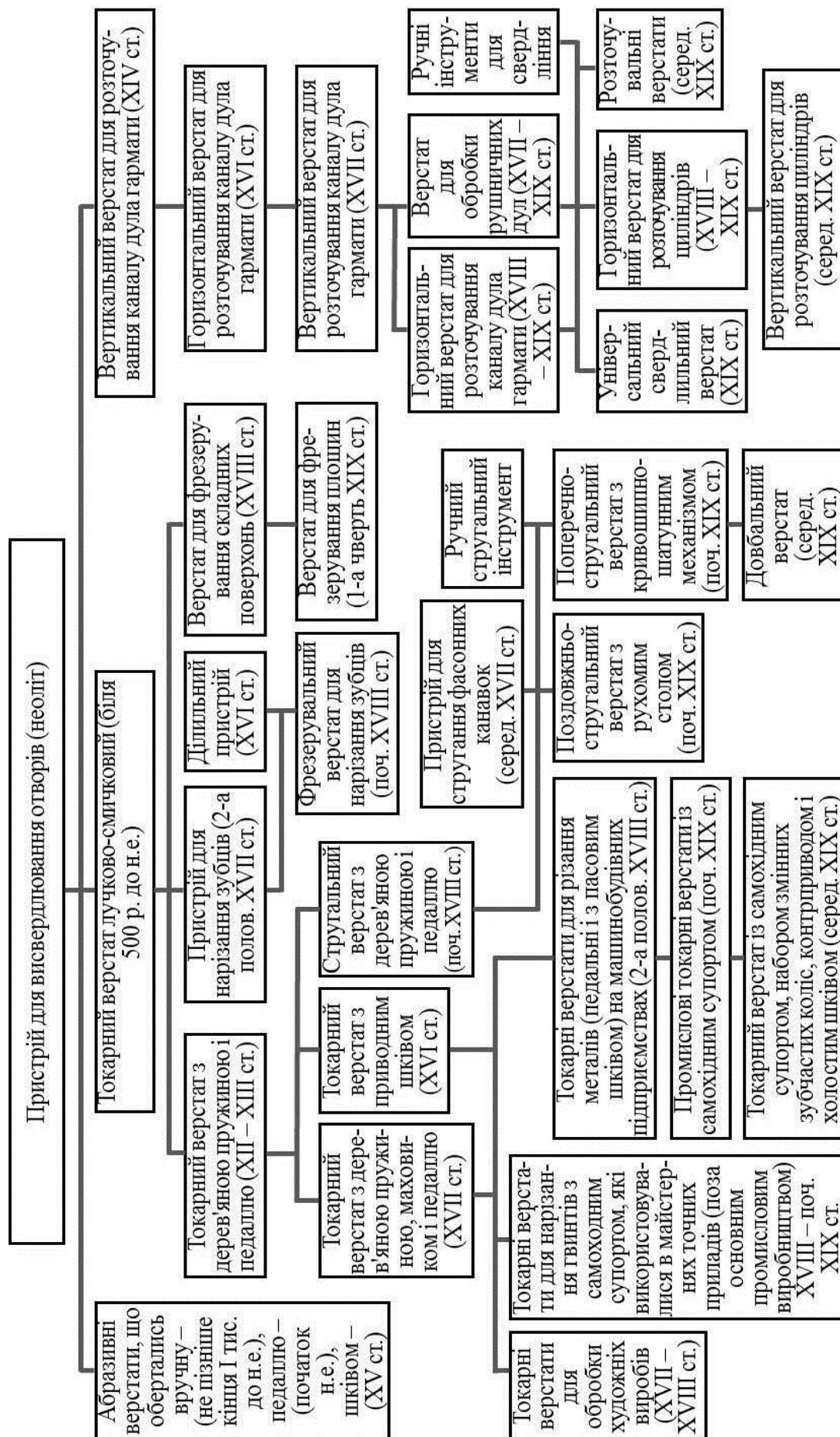


Рисунок 2.9 – Виникнення та розвиток металорізальних верстатів до середини XIX ст.

2.1.3. Хронологія основних подій у технології оброблення різанням на початок XIX ст.

Промисловій революції також сприяло запровадження метричної системи. У 1791 р. за пропозицією спеціальної комісії Паризької академії наук за одиницю довжини було прийнято десятимілійонну частину паризького географічного меридіану, яку назвали метром. Це було запроваджено законом Франції від 10 грудня 1799 р. За одиницю маси – кілограм – було прийнято масу кубічного дециметра чистої води за найбільшої густини останньої. Хоча в період з 1837 р. до 1868 р. метрична система стала обов'язковою в більшості держав, включаючи Венесуелу та Колумбію, у Росії ця система була допущена як необов'язкова законом від 14.06.1899 р. [7].

У табл. 2.1 подана складена нами хронологія головних етапів розвитку первинних знань про різання матеріалів та споріднені технології на початок XIX ст.

Таблиця 2.1 – Хронологія головних етапів розвитку знань про різання матеріалів на початок XIX століття

Період, час, коли відбулася подія	Назва та характеристика події, етапу, відкриття, розробки, дослідження	Автор винаходу, розробки, дослідження	Територія, держава, місто
1	2	3	4
Палеоліт (І млн. – XI тис. р. до н.е.)	Створення й використання кремнієвих знарядь та їхніх стандартних комплексів як інструменту для найпростіших процесів оброблення різанням (мікролітів). Добування та підтримування вогню. Виникнення мови (60 тис. р. до н.е.)		території різних цивілізацій
Мезоліт (XI–VI тис. р. до н.е.)	Створення та використання комбінованого інструменту (дерево-кремінь, кремнієві вкладиші в сокирах, серпах, свердлах); створення лучкової дрелі. Перші спроби приручити диких тварин. Поява першої писемності.		території різних цивілізацій
Неоліт (VI–III тис. р. до н.е.)	Перехід до поновлювального господарства («неолітична революція»). Використання худоби як тягової сили. Оброблення ріллі ралом, використання жорна, кремінних та кістяних серпів.		території різних цивілізацій; Трипільська культура в Україні
Епоха міді – бронзи (IV тис. р. – VIII ст. до н.е.)	Використання самородної міді для виготовлення робочої частини інструментів; винайдення бронзи як інструментального матеріалу; використання бронзових різців на території України (II тис. до н.е.)		території різних цивілізацій; Трипільська культура в Україні

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Епоха заліза (початок XII ст. до н.е. – середні віки)	Винайдення технології відновлення заліза (криці – маловуглецевої сталі) у сиродутних печах за температур 800 – 900 °С із місцевих залізних руд; використання заліза як інструментального матеріалу		території цивілізацій з покладами місцевих залізних руд
Біля 1580 р. до н.е.	Винайдення штучної повітродувки		Єгипет
VI ст. до н.е.	Винайдення токарного верстата для оброблення дерева та бронзи (відлитої посуду та дзеркал)	Феодор Самоський	Давня Греція
V – XIII ст. н.е.	Отримання маловуглецевої сталі (криці) в сиродутних печах з місцевих озерних та болотних руд; освоєння техніки лиття, пічного зварювання, паяння, зміцнення металу наклепом та цементацією; використання потужних пружинних токарних верстатів з ножним приводом		Міста Київської Русі, Київ
Середина XIV ст.	Створення свердлильного та розточувального верстатів з приводом від водяного колеса для оброблення отворів у бронзових та чавунних дулах гармат та стрілецької зброї; використання розточувальної голівки з різцем		Німеччина
XIV ст.	Освоєння вперше в Європі технології виплавлення чавуну у вертикальній печі великого об'єму з дуттям від міхів з приводом від водяного колеса та використанням дерева як палива		Німеччина
1430 р.	Створення свердлильного верстата з водяним приводом для виготовлення дерев'яних труб для міського водогону; використання набору перових свердел і розточувальної голівки з різцями		Німеччина
Кінець XV ст.	Розробка шліфувального верстата з використанням абразивного круга з природного наждаку; обґрунтування ідеї фрези	Леонардо да Вінчі	Італія
Початок XVI ст.	Створення й перше використання токарного верстата з однобічними стабілізованим обертанням заготовки, затискним патроном, люнетом і центрами		Технічно розвинуті держави Європи
XVI ст.	Створення металевих напилка та верстата для насікання металевих напилків		Технічно розвинуті держави Європи
Кінець XVII ст.	Завершення вдосконалень немеханізованого токарного верстата шляхом запровадження пристрою для зміни швидкостей різання (1671 р.) і приводу від водяного колеса		Технічно розвинуті держави Європи
Початок XVIII ст.	Використання в мануфактурному виробництві понад 40 типів токарних різців		Технічно розвинуті держави Європи
1722 р.	Винайдення способу отримання середньо- та високовуглецевих сталей шляхом сумісного плавлення в одній печі криці (низьковуглецевої сталі) та чавуну	Реомюр	Франція

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4
1712–1729 рр.	Перша спроба створення самохідного супорта токарного верстату з рейковим приводом	А.К. Нартов	Московія, з 1722 р. – Росія
1765–1784 рр.	Створення універсального парового двигуна подвійної дії з автоматично діючим золотником, маховиком для згладжування коливань частоти обертання й відцентровим регулятором як нового приводу машин, зокрема, металорізальних верстатів	Джеймс Уатт	Шотландія, Англія
1769 – 1775 рр.	Створення багаторізцевих голівок для чистового розточування чавунних циліндрів парових машин діаметром до 2000 мм	Смітон, Вількінсон	Англія
1774 – 1775 рр.	Створення набору «ложкових» свердел для свердління дула гармати «по цілому»	Вількінсон	Англія
XVIII ст.	Розробка інструментів для нарізання різьби в гайках та на гвинтах: гребінок, мітчиків, плашок та клупів (розсувних плашок)		Англія, Франція, Німеччина, Росія
1772 р.	Перше графічне зображення хрестового супорта токарного верстата, що обертася навколо своєї осі та вручну подавався до оброблюваної заготовки	«Енциклопедія» Дідро і Д'Аламбера	Франція
1794 р.	Створення механізованого рухомого супорта промислових токарних верстатів, що переміщувався у поздовжньому та поперечному напрямках	Генрі Модслі	Англія
1800 р.	Завершення роботи над конструкцією універсального токарно-гвинторізного верстата, який став базовою моделлю для сучасних верстатів	Генрі Модслі	Англія
Кінець XVIII – початок XIX ст.	Винайдення вуглецевої інструментальної сталі (вміст вуглецю 0,6...1,5 %; кремнію – 0,2...0,4%; марганцю – 0,15...0,35%) на основі ідеї Р. Реомюра та способу її гартування		Англія, Франція, Німеччина

Отже, вище нами показано, що на початок XIX ст., коли вважається завершеною технічна революція, оброблення матеріалів різанням склалося як галузь машинної техніки. Ця галузь включала певні знання з технології оброблення плоских та циліндричних поверхонь (зовнішніх та внутрішніх), нарізання зубчастих коліс (у тому числі і конічних), отримання зовнішніх та внутрішніх різьб, шліфування природним абразивом. Різальний інструмент виготовлявся з вуглецевої сталі, у складі якої було досить вуглецю для гартування цього інструменту. І, що важливо, машинобудування отримало токарний верстат із супортом і приводом від універсального двигуна – парової машини Уатта. Тогочасна вуглецева інструментальна сталь дозволяла здійснювати процес різання на швидкостях до 7,5 м/хв. під час оброблення м'якої сталі, до 6 м/хв. під час оброблення сірого чавуну та 11 м/хв. під час оброблення бронзи та латуні.

2.2. Історія відкриття електрики

2.2.1 Передумови виникнення науки про електрику

Перші відомості про електрику та магнетизм виникли в стародавній Греції ще в VI ст. до н.е. Грецькому вченому і філософу Фалесу Мілетському (рис. 2.10) належить відкриття явища притягнення легких предметів натертим янтарем. Спостереження стародавніх народів дозволили виявити одне з явищ у галузі електрики: «електричні» властивості деяких риб, зокрема «електричного ската», і застосовувати ці особливості в медицині. Про існування риб, які мають електричний орган, було відомо й римлянам. Римський лікар Скрибоній (40–50-ті рр. н.е.) використовував ці відомості під час лікування. Між тим, всі ці розрізнені факти не узагальнювалися. Єдина природа цих явищ залишилася поза увагою. Відомі були стародавнім грекам і магнітні властивості деяких мінералів і залізних руд притягувати залізо. Проте різниця між електричним і магнітним притяганням була ще невідома, те й інше належало до явищ однієї природи. Римський природознавець Пліній через шістьсот років в енциклопедії природничих наук, яка складалася з тридцяти семи томів, указує на факти відносно властивості електрики, які нічим не відрізняються від фактів, відомих Фалесу Мілетському. Тривалий час ці знання про електрику і магнетизм залишались єдиними, практично до початку XVII ст. [76, с. 12–13].



Рисунок 2.10 –
Фалес Мілетський
642–548 до н.е.

Існування магнітних явищ було знайоме людині з давнини. Але першим і тривалий час єдиним застосуванням знань про магнетизм на практиці був компас, винайдений в I ст. н.е. в Китаї. У старосврейських книгах є відомості про прилад, за своєю дією схожий на громовідвід. Знання про магнетизм розвивалося у зв'язку з його застосуванням у навігації, про що свідчить використання приладів, прототипів компасу (рис. 2.11), у ірландців, норвежців і арабів. Ці впровадження на той час були єдиним практичним застосуванням знань про магнетизм. Перешкодою для практичного застосування електрики було те, що вчення про електрику з давніх



Рисунок 2.11 – Китайський компас

розвиток знань про електрику і магнетизм. Єдиною працею на той період був рукопис П. Перегріно «Послання про магніт», де автор узагальнив відомості про магнітний камінь, технічне застосування магніту тощо. Між тим, даний етап, в якому відбувається накопичення відомостей і початкових спостережень електромагнітних явищ, є важливим періодом у становленні знань про електрику і магнетизм [78, с. 353].

Поява в 1600 р. першої друкованої наукової праці англійця У. Гільберта (рис. 2.12) «Про магніт, магнітні тіла і про великий магніт – Землю» стала новим кроком у розвитку знань про електрику і магнетизм – періодом становлення електростатики. Праця У. Гільберта – результат вісімнадцятирічних експериментів і пошуків ученого. У ній автор систематизував експериментальні дослідження електричних і магнітних явищ попередників, уперше спробував теоретично узагальнити фактичний матеріал, розрізнив явища електрики і магнетизму й запропонував термін «електрика».

До вчення про електрику вчений додав ще два невідомих раніше факти, запровадив поняття «електрична сила», описав перший прилад для електричного спостереження – електроскоп. Достатньо повно автор сформулював теорію магнітних явищ, що надало можливість виокремити новий розділ фізики – магнетизм, і приділив увагу застосуванню теоретичних знань на практиці. Англія на той час була розвиненою морською державою. Велике практичне зна-

часів до XVII ст. не поповнювалися. Протягом століть ця галузь фізики, на відміну від таких, як механіка, гідравліка, оптика тощо, розвивалася повільно [77, с. 9].

Відсутність відкриттів і винаходів протягом тисячолітнього періоду збігається з часом, коли низький рівень розвитку науки і техніки не стимулював



Рисунок 2.12 – Вільям Гільберт

чення для розвитку мореплавства мало вивчення властивостей компаса та магнітних явищ, що сприяло розвитку науки в цьому напрямі [79, с. 66].

2.2.2. Перші впровадження в практику. Електростатичні прилади

Праця У. Гільберта стимулювала розвиток учення про електрику і магнетизм і спричинила появу нових гіпотез, теорій, винаходів. Найважливішими дослідженнями на цей період були дослідження, проведені німецьким фізиком О. Геріке, який у 1663 р. описав першу електричну машину тертя (рис. 2.13). Машина складалась із сірчаної кулі й під час обертання натиралася долонями рук. Аналогічні пристрої були притаманні електричним машинам тертя протягом тривалого часу. Досліди С. Грея стали підставою для розподілу всіх речовин на провідники й ізолятори, що дало поштовх дослідженням Ш. Дюфе. У 1733 р. він описав два види електрики (позитивну й негативну) і висловив думку про електричне походження блискавки та грому [79].

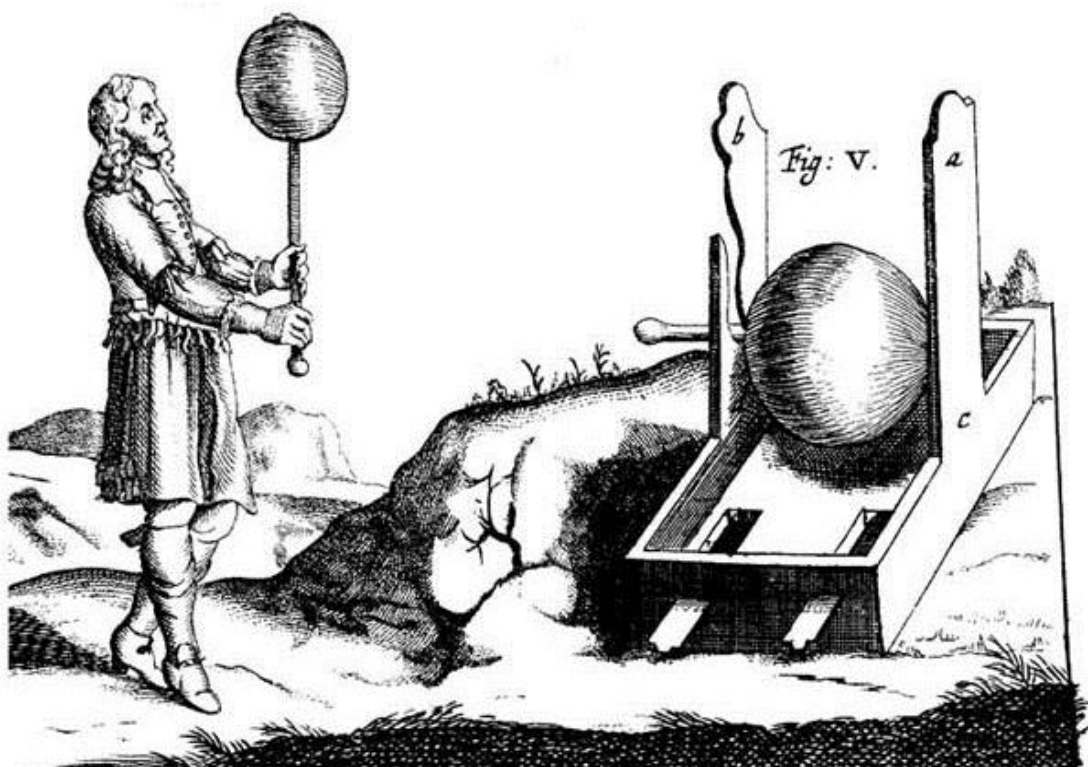


Рисунок 2.13 – Електрична машина Отто фон Геріке

Наукові дослідження винахідників другої половини XVIII ст. розвивалися за такими основними напрямками: удосконалення конструкцій електричних машин, нові засоби отримання електрики й дослідження атмосферної електрики. У середині XVIII ст. з'явилися прилади, які дозволили отримати

мувати сильні заряди. Поява першої електростатичної машини, відкриття існування двох видів електрики сприяли розвитку знань про електрику. Але вивчення електричних явищ обмежувалося неможливістю одержання значної кількості електрики. Важливим етапом став винахід у 1745 р. професором П. Мушенбруком приладу, який дозволив накопичувати електрику. Перший конденсатор мав назву «лейденська банка» (рис. 2.14) . Цей винахід стимулював появу нових приладів і розвиток вчення про атмосферну електрику [80, с. 138].

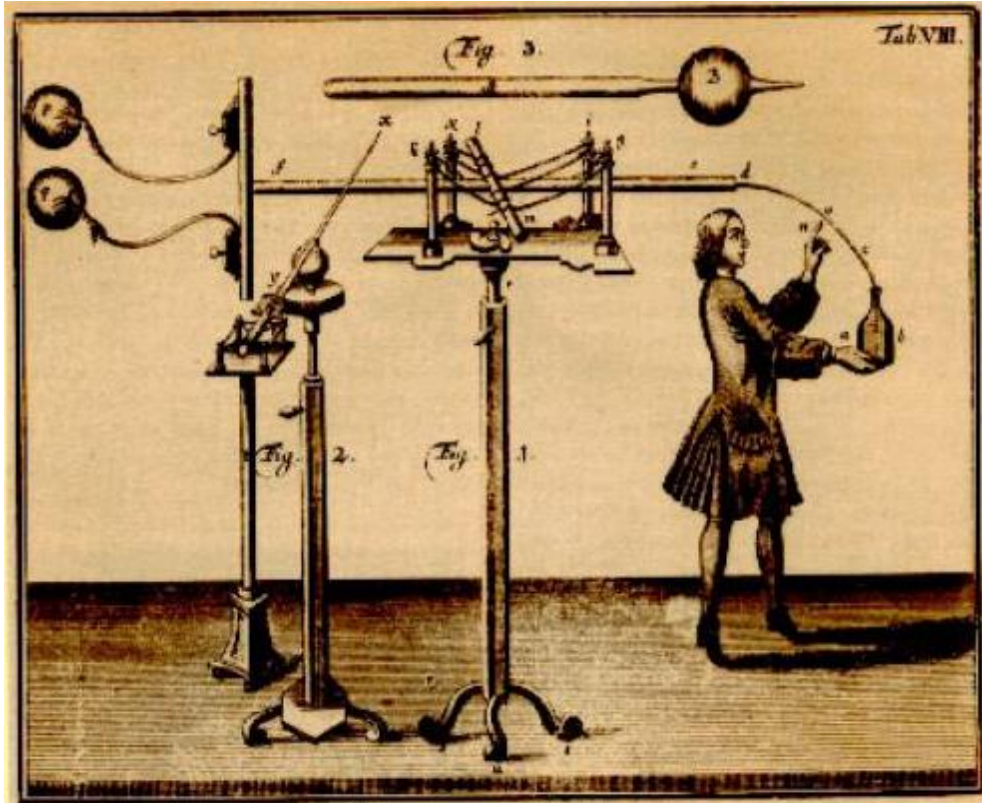


Рисунок 2.14 – Досліди П. Мушенбрука з лейденською банкою

Друга половина XVIII ст. характеризується початком практичного застосування електрики. Б. Франклін, американський суспільний діяч і талановитий природознавець, розпочав дослідження атмосферної електрики й застосував результати досліджень на практиці, одним з яких став винахід громовідводу. Це сприяло подальшому розширенню досліджень у галузі електрики. Б. Франклін вперше довів електричну природу грозових розрядів і запровадив для користування терміни: «батарея», «розряд», «заряд» тощо. Його дослідження привернули додаткову увагу науковців до електрики. Власне з досліджень Б. Франкліна розпочалося теоретичне обґрунтування знань про електрику. Проводячи аналіз теорії електрики, він підтримував ідеї своїх сучасників. Унітарна теорія атмосферної електрики Б. Франкліна

мала низку недоліків, зокрема, відсутність пояснення багатьох відомих фактів, одержаних дослідним шляхом. У Росії аналогічні дослідження проводили Г. В. Ріхман і М. В. Ломоносов. Поступово починається перехід від якісних досліджень електрики до встановлення кількісних зв'язків і закономірностей. Теорія атмосферної електрики М. В. Ломоносова була найбільш прогресивною на той час. До винаходу Г. В. Ріхманом першого електровимірювального приладу (рис. 2.15) досліди мали тільки якісний характер. Він довів можливість кількісних вимірювань у цій галузі. Високий рівень експериментальної лабораторної техніки, застосування електрометра Ріхмана дозволило М. В. Ломоносову запровадити в практичне застосування громовідводи. Завдяки працям М. В. Ломоносова і Г. В. Ріхмана вивчення грозових розрядів було розпочато Академією наук Росії [76].

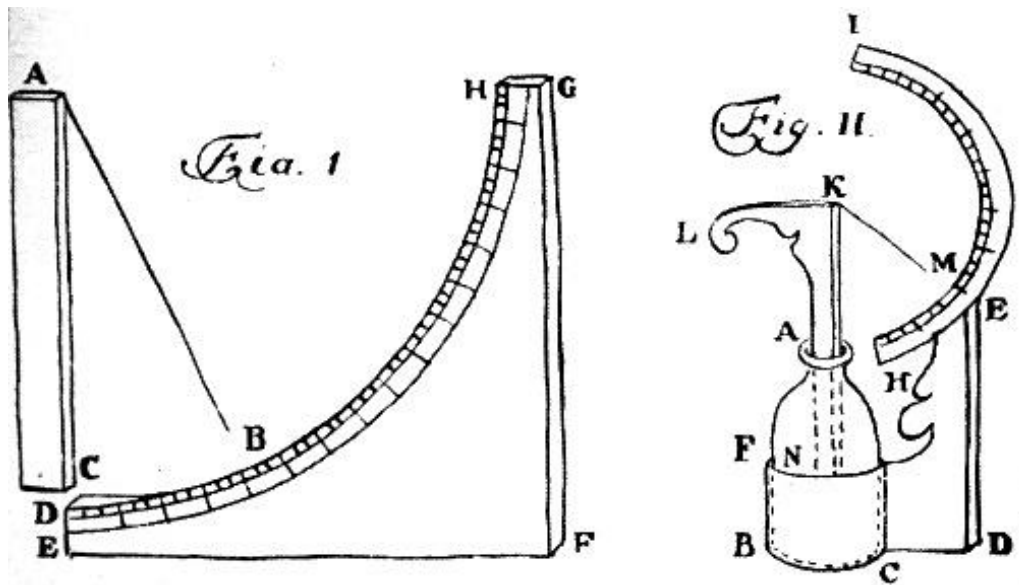


Рисунок 2.15 – Креслення електрометру Г. В. Ріхмана

Визначною подією 1749 р. стала публікація праці професора фізики Ф. У. Епінуса «Опыт теории электричества и магнетизма». Вона стала другим після праці У. Гільберта узагальненням відомостей про електрику та магнетизм. 1758 р. Ф. У. Епінус у доповіді на засіданні Академії наук вперше висловив думку про зв'язок електричних і магнітних явищ. Спираючись на багату кількість емпіричних даних, отриманих у результаті як власних дослідів, так і дослідів інших учених, зокрема Б. Франкліна, він висловив гіпотезу про подібність електричних і магнітних явищ. Установити природу електричних і магнітних взаємодій на той час не було можливим, і вчений надав перевагу кількісній теорії, спираючись на математичний метод, який був розроблений І. Ньютоном. Теорія Ф. У. Епінуса мала широке розповсю-

дження а її вплив на розвиток знань про електрику і магнетизм був помітним і в XIX ст. [82].

Отже, у середині XVIII ст. з'явилася низка теорій, які намагалися встановити природу електрики та магнетизму і сприяли розвитку теоретичних досліджень. Відомий фізик і математик Д. Бернуллі повідомив, що він установив квадратичний закон взаємодії наелектризованих тіл. Учені Дж. Пристлі та Г. Кавендиш проводили досліди, спираючись на дослідження Б. Франкліна. Ці досліди також підтвердили припущення Д. Бернуллі, що електрична сила підпорядковується закону зворотних квадратів [83, с. 27].

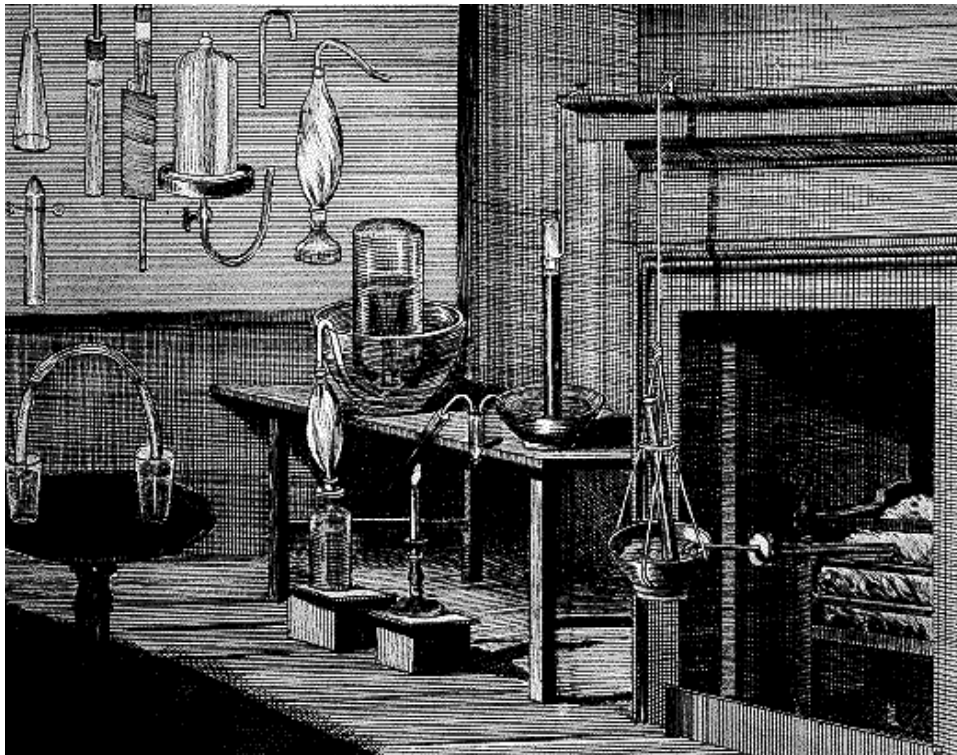


Рисунок 2.16 – Лабораторія Дж. Пристлі 1775 р.

Отже, цей етап характеризується накопиченням фактів, гіпотез, випадкових спостережень, які поступово складалися в теорії, і створенням найпростіших електростатичних приладів. Все це базувалося на явищах статичної, тобто нерухомої електрики. Уяви про електрику як форму руху, не було. В Європі різні електростатичні машини і лейденські банки демонстрували нову галузь явищ. У Росії й Америці головні дослідження були спрямовані на вивчення атмосферної електрики. Між тим, наприкінці XVIII ст. електростатика вже сформувалася у розділ фізики, з'явилися перші електротехнічні прилади, розвиток яких на той час був обмежений знанням про електрику лише однією галуззю.

Таблиця 2.2 – Розвиток науки про електрику з найдавніших часів до кінця XVIII ст.

Етапи	Характеристика етапу	Основні події, які відбувалися у досліджуваний період
Накопичення знань про електрику до 1600 р.	Перші відомості про властивості електрики і магнетизму, перші спроби застосування знань про електрику на практиці	590 р. до н.е. – Фалес Мілетський, перші відомості про електрику і магнетизм.
		Знання про здатність магнетиту притягувати залізо, Стародавній Китай
		Перші спостереження з акустики, встановлення зв'язку між висотою тону і довжиною струни, Піфагор
		48 р. н.е. – Скрибоній, застосування електрики римськими лікарями
		121 р. – винахід компасу, Китай
		XII ст. – розповсюдження компаса в Європі
		1269 р. – перший рукопис з магнетизму «Послание о магните», П. Перегріно
Становлення електростатики 1600 р. – кінець XVII ст.	Створення найпростіших машин для вироблення статичної електрики. Установлення закономірностей у галузі статичної електрики і магнетизму	1530 р. – думки про магнітний пояс Землі, Дж. Фракасторо
		1588 р. – Гіпотеза про два магнітні полюса, Л. Сануто
		1600 р. – закладено основи електро- та магнітостатики, У. Гільберт
		1663 р. – електрична машина тертя, О. Геріке
		1668 р. – відкриття електричної іскри, Волл
		1706 р. – скляна електрична машина, початок досліджень електричних розрядів у газах, Ф. Гауксбі
		1729 р. – відкриття явища електропровідності, провідників та ізоляторів, С. Грей.
		1733 р. – відкриття двох видів електрики, Ш. Дюфе
		1735 р. – гіпотеза про електричну природу блискавок, Ш. Дюфе
		1742 р. – впроваджені поняття «провідник» та «ізолятор», Ж. Дезагюльє
		1745 р. – електричний конденсатор («лейденська банка»), Е. Клейст, П. Мушенбрук
		1745 р. – перший електровимірювальний прилад, Г.В. Ріхман
		1746 р. – електрометр, Дж. Еллікот
		1747 р. – електроскоп, Ж. Нолле
		1749 р. праця Ф.У. Епінуса «Опыт теореме электричества и магнетизма»
		1750 р. – відкриття явища електростатичної індукції, Ф. Епінус
		1750 – унітарна теорія електрики, впроваджено поняття позитивного і негативного заряду, закон збереження ел. заряду, Б. Франклін
		1753 р. – Б. Франклін довів електричну природу блискавки
		1753 р. – електрометр. Дж. Кантон
		1756 р. – спостереження «тваринної електрики», Л. Гальвані
		1756 р. – електрофор, Ф. Епінус
		1759 р. – теорія електричних і магнітних явищ та повітряного електричного конденсатора, Ф. Епінус
		1766 р. – електрична машина зі скляними пластинами, Дж. Рамсен
		1767 р. – публікація «Історія електрики», автор Дж. Прістлі
		1782 р. – відкриття п'єзоелектрики, Р. Гаюї
		1783 р. – електричний конденсатор, А. Вольта
		1785 р. – основний закон електричної взаємодії, Ш. Кулон
		1786 р. – відкриття електричного струму, Л. Гальвані
		1799 р. – джерело постійного електричного струму «вольтів стовп», А. Вольта

2.3. Становлення класичної хімії та поява хімічних технологій

2.3.1. Витоки розвитку хімічної технології неорганічних сполук

Історія неорганічної хімії базується й міцно пов'язана із загальною історією хімії, а також з історією природознавства й цивілізації в цілому. Усі основні періоди розвитку загальної хімії (найдавніший, алхімія, ятрохімія, поява технічної хімії, класична хімія, сучасний період) – це й періоди піднесення неорганічної хімії.

Впродовж найдавнішого періоду (до початку XIII ст.) були винайдені порох, вуглець, сірка, залізо, олово, свинець, мідь, ртуть, срібло, золото. Ще в VII ст. у Китаї почали виготовляти порцеляну. В алхімічний період (до початку XVI ст.) були визначені певні мінерали, відкриті миш'як, сурма, цинк, вісмут, вивчені деякі кислоти, солі та луги. З середини XIII ст. в Європі почали застосовувати, а з XV ст. й виробляти мінеральне добриво – селітру. На початку XVI ст. виник новий напрям в алхімії та медицині – ятрохімія, який ставив за мету винахід хімічних засобів лікування. Засновник напрямку – Парацельс запровадив до медичної практики препарати ртуті, срібла, золота та інших металів. Ятрохімія втратила своє значення на початку XVIII ст. У період появи технічної хімії (XVII – перша половина XVIII ст.) встановлено існування фосфору, кобальту, платини і нікелю, були створені виробництва азотної, хлорводневої й сірчаної кислоти, різноманітних солей (сульфату цинку, нашатирю, бури, галунів), мінеральних барвників, кераміки.

Початок XVIII ст. пов'язаний з розповсюдженням теорії флогістону, яка позитивно вплинула в подальшому на створення теоретичних засад процесів горіння. У другій половині XVIII ст. за допомогою аналітичних методів були відкриті манган, барій, молібден, телур. У другій половині XVIII ст. аналітичними методами були відкриті барій, манган, молібден, телур, за допомогою електрики розкладена вода й винайдені перші газоподібні прості речовини – гідроген, азот, хлор і оксисен. М. В. Ломоносов і А. Лавуазьє сформулювали закон збереження маси для перебігу хімічних реакцій. На основі праць Л. Гальвані й А. Вольта відкритий електрохімічний ряд стандартних електродних потенціалів. На початку XIX ст. виникла класична хімія. У першій половині XIX ст. були визначені основні кількісні закони: Ж. Пруст відкрив закон сталості речовини; Дж. Дальтон у 1802 р., спираючись на ідеї інших вчених означив близький до сучасних концепцій

закон кратних відношень і запровадив поняття атомної маси; А. Авагадро і Ж. Гей-Люссак відкрили основні газові закони; Г. І. Гесс – закон сталості кількості теплоти; у 1834 р. М. Фарадей опублікував основні закони електрохімії. Друга половина XIX ст. відзначилася виокремленням у самостійний напрям фізичної хімії. Праці С. Арреніуса, Я. Вант-Гоффа, В. Оствальда заклали фундамент для розвитку теорії розчинів [84].

Історія розвитку хімічної технології є невід’ємною складовою частиною загальної історії хімічної промисловості. Разом з виникненням перших хімічних промислів з’явилась і хімічна технологія. Ще в XV ст. в Європі почали створюватися невеликі спеціалізовані цехи з виробництва кислот, солей, лугів та фармацевтичних препаратів. У Росії наприкінці XVI – початку XVII ст. отримало свій розвиток власне виробництво селітри, пороху, фарб, соди та сірчаної кислоти. Виокремлення хімічної технології як самостійного напрямку в галузі знань і науки почалось у другій половині XVIII ст.

Вперше термін «технологія» застосував професор Геттингемського університету І. Бекман у 1772 р. (рис. 2.17), який надрукував праці з багатьох хімічних виробництв. Вони стали початковими навчальними посібниками з хімічної технології. І. Бекман став одним із засновників хімічної технології, як наукової дисципліни. Він підвів фундамент під теорію деяких технологічних процесів, об’єднав окремі відомості щодо хімічних виробництв, чим прискорив розвиток наукових досліджень у цьому напрямі [85, с. 336–337].



Рисунок 2.17 – Йоганн Фрідріх Бекман

Перший у Росії навчальний посібник був написаний професором Московського університету І. О. Двигубським «Начальные основания технологии, или краткое показание работ, производимых на заводах и фабриках» у двох частинах, які були надруковані в 1807–1808 рр. У 1828 р. з’явився посібник професора Ф. О. Денисова «Пространное руководство к общей технологии, или к показанию всех работ, средств, орудий и машин, употребляемых в разных технических искусствах», в якому він наводить принципи класифікації технології [86, с. 343].

Отже, хімічна технологія виникла наприкінці XVIII – на початку XIX ст. Вона мала суто описовий характер окремих хімічних виробництв та основного обладнання, а також наявності сировини та енергетичних джерел. У той час спостерігалось зростання кількості хімічних підприємств, тому виникла необхідність у дослідженнях загальних закономірностей побудови оптимальних хіміко-технологічних процесів [87].

Отже, хімічна технологія вивчає різноманітні хімічні промислові процеси, які відбуваються за різних умов, проводяться за відповідними технологічними схемами. Основні закономірності хімічної технології базуються на використанні законів хімічної термодинаміки й кінетики. Невід’ємною частиною хімічної кінетики є каталіз, який являє собою найбільш розповсюджений метод отримання й перетворення речовин. Каталітичні процеси широко використовується для отримання продуктів хімічної, нафтопереробної, нафтохімічної та інших галузей промисловості. Важливі виробництва синтетичного аміаку, сірчаної та азотної кислоти, гідрогену та оксиду вуглецю здійснюються каталітичними методами [88].

Слід підкреслити, що кількість речовин, які використовуються людством у своїй практичній діяльності, дуже велика й постійно зростає, оскільки щоденно синтезуються та відкриваються нові сполуки. До теперішнього часу відомо понад 3 млн. речовин: біля 400 тис. неорганічних та більш ніж 2,5 млн. органічних. Більшість з цих речовин отримані в результаті хімічного перероблення, тому кількість технологічних процесів також надто велика. Звідси випливає, що хімічна технологія надзвичайно складна й різноманітна. Всі хімічні виробництва поділяються на дві групи: виробництва неорганічних і органічних речовин. Промислове виробництво неорганічних речовин складається з виробництва основних хімічних сполук – кислот, лугів, солей, мінеральних добрив; електрохімічного виробництва – гідрогену, оксигену, хлору, лугів; металургії – виробництва чорних, кольорових, благородних та рідкісних металів; силікатної промисловості – виробництва скла, кераміки, цементу; виробництва мінеральних фарб і пігментів; виробництва тонких неорганічних продуктів – хімічних реактивів, фармацевтичних препаратів [89].

Як відомо, хімічна промисловість складається з декількох галузей: гірничої хімії (добування сировини), основної хімії (виробництво мінеральних добрив, неорганічних солей і соди) та хімії органічного синтезу (виготовлення полімерних матеріалів). Галузі хімічної технології, які досліджу-

ються в монографії, належать до провідних в основній хімії. Промислове виробництво азотовмісних сполук і соди є тими чинниками, які істотно впливають на рівень розвитку хімічної промисловості в цілому.

Провідним завданням хімічної технології є доведення хімічних процесів, розроблених в лабораторії, до промислових масштабів. Тому пошуки оптимальних шляхів від лабораторних дослідів до виробництва стають визначальними для розвитку хімічної технології як науки. У теоретичні основи хімічної технології покладені закони хімії, фізики, математики, механіки, гідравліки, гідродинаміки, автоматики, кібернетики та інших наук. Оскільки хімічне виробництво справляє значний вплив на навколишнє середовище, хімічна технологія невідривна від фізичної й економічної географії, біології та екології. Хімічна технологія неможлива без розвитку відповідної техніки. Отже, хімічна технологія – це синтетична наука. Теоретичні основи хімічної технології дозволяють здійснювати хімічні процеси якнайкраще: з мінімальними витратами енергії, матеріалів, з більшою швидкістю, з максимальним виходом продукції. Для цього широко використовуються методи математичного моделювання, які тісно пов'язані з розробленням хімічних процесів, конструюванням апаратури, визначенням оптимальних умов і створенням систем комплексної автоматизації.

2.3.2. Поява та розвиток хімічної технології азотовмісних сполук

Технології процесів зв'язаного азоту й виробництва соди є головними галузями основної хімії. Вони базуються на використанні накопиченого історичного досвіду й досягнень науковців попередніх поколінь. Від рівня їх розвитку залежить рівень розвитку всієї хімічної промисловості й забезпечення сільського господарства мінеральними добривами, а індустрії – різноманітними азотовмісними речовинами та похідними соди. Тому проблема одержання сполук азоту та соди – це важлива проблема хімії, яка безпосередньо стосується всього людства.

Людство навчилося використовувати азотні сполуки з найдавніших часів. Ще до початку нової ери першою відомою людині сполукою була калійна селітра, яка використовувалася для виготовлення запалювальних сумішей. У 778 р. н. е. арабський вчений Джабір Ібн-Хайян (Гебер) описав спосіб приготування «міцної горілки» (азотної або нітратної кислоти). Виробництво калійної селітри – сировини для чорного пороху вже в XVI ст. було створено в Росії. У 1785 р. М. В. Ломоносов у праці «Первые основы металлургии» доклад-

но описав «Как крепкую водку гнать», «Как оную чистить», «Как оную пробовать» [90, с. 9–15].

Підкреслюючи важливу роль азоту та його сполук, академік Д. М. Прянішніков наголошував, що «именно азот является самым могучим двигателем в процессах развития, роста и творчества природы. Его уловить, им овладеть – вот в чем ключ к экономике, подчинить его источник, который бьет с неисчерпаемой энергией – вот в чем тайна благосостояния» [91, с. 6].

Відомо, що основна маса азоту міститься в атмосфері повітря, але чисельні спроби розробити промисловий спосіб фіксації атмосферного азоту в XIX ст. закінчувалися невдачею. Лише на початку XX ст. з'явилися промислові установки отримання синтетичної азотної кислоти, ціанаміду кальцію й аміаку – сполук зв'язаного азоту.

Для розділення повітря вилученням азоту технічними засобами, як відомо, використовують низькі температури. Наукові роботи Д. І. Менделєєва та Т. Ендрюса з вивчення критичної температури речовин з одного боку, досягнення вакуумної й холодильної техніки з іншого, дали змогу до кінця XIX ст. французькому хіміку Л. Кальте та швейцарському фізику Р. Пікте майже одночасно (у 1877 і 1878 рр.), а потім К. Ольшевському в Польщі та Д. Д'юару в Англії, отримати в рідкому й твердому стані кисень, азот і гідроген. А праці К. Лінде та Ж. Клода надали право реалізувати процес розділення повітря в промисловому масштабі [92, с. 12–18].

Відзначимо, що ще в XVIII ст. дослідники з Англії Д. Прістлі й Г. Кавендіш (рис. 2.18), зі Швеції – К. Шелле, з Шотландії – Д. Резерфорд та інші виділили азот з повітря.

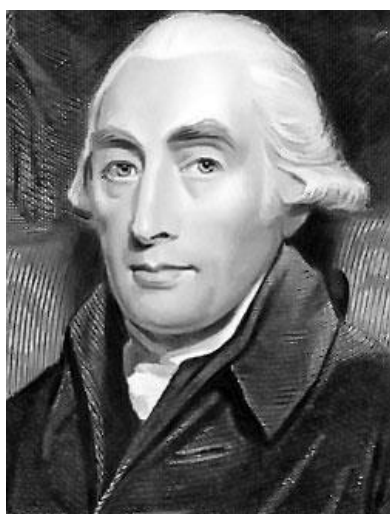


Рисунок 2.18 –
Генрі Кавендіш



Рисунок 2.19 – Антуан
Франсуа де Фуркруа



Рисунок 2.20 – Чарльз
Фредерик Кульманн

Одним із важливих методів у виробництві сполук азоту й азотної кислоти є контактне окислення аміаку до оксидів азоту. Перше згадування про можливість окислення аміаку виявлено в роботі А. Ф. Фуркруа (рис. 2.19), яка датується 1800 р. У 1839 р. Ф. Кюльманн (рис. 2.20) уперше застосував платиновий каталізатор у процесі окислення аміаку. Ще в той час він оцінив перспективність і промислове значення контактного окислення аміаку. Тому подальші наукові й промислові дослідження були спрямовані на розроблення технології окислення аміаку [93].

2.3.3. Початкові етапи становлення технології виробництва соди та мінеральних добрив

Важливим продуктом хімічної промисловості є сода та її похідні, які широко використовуються в народному господарстві у вигляді кальцинованої, каустичної, кристалічної соди та гідрокарбонату натрію. Приблизно 25–30 % кальцинованої соди витрачається на виробництво скла. Вона також забезпечує потреби підприємств чорної та кольорової металургії, целюлозно-паперової, текстильної, нафтопереробної галузей. Каустична сода необхідна у виробництві паперу, штучного волокна, органічних барвників, мила, для очищення мінеральних масел, нафти та продуктів її перероблення. Гідрокарбонат натрію використовують переважно в медицині та харчовій промисловості [94].

Сода відома ще з глибокої давнини й застосовувалася, насамперед, як речовина для чищення виробів. Літературні джерела свідчать, що ще 4000 років тому соду видобували з соляних озер у Західному Єгипті й використовували для скловаріння. Перші відомості отримання соди шляхом упарювання води содових озер належать до VI ст. нової ери й наведені у творі римського лікаря Діоскоріда Педанія. У той час склад соди ще був невідомий. Починаючи з XV і до кінця XVIII ст. її отримували виключно з природних родовищ Угорщини, Іспанії та Африки. Так, наприклад, для виробництва скла й мила використовували золу морських водоростей, які збирали біля берегів Середземного моря, сушили на сонці та спалювали. Вміст соди в золі становив 15–30 %. Синтетичну соду навчились отримувати після довгих пошуків лише в XVIII ст. У 1736 р. французький хімік, лікар і ботанік Дюамель де Монсо застосував метод перекристалізації води содових озер, при цьому вперше виділив чисту соду і встановив, що в її складі є натрій. Відомі також інші спроби, іноді небезпечні, щодо отримання соди. Наприклад, німецький хімік А. Маргграф, змішуючи нітрат натрію з вугле-

цем, під час нагрівання отримав численні опіки, тому що суміш вибухнула. Перші спроби отримання соди заводським способом були здійснені в Росії. У 1764 р. російський хімік, швед за походженням, Ерік Густав Лаксман повідомив, що соду можна одержувати спіканням природного сульфату натрію з деревневим вуглецем. У цьому ж році Лаксман отримав соду на своєму скловарному заводі в Тальцинську поблизу Іркутська. Однак подальшого розвитку цей спосіб не отримав і був незабаром забутий [95].

Перший промисловий спосіб отримання соди належить французькому лікарю Н. Леблану (рис. 2.21). У 1791 р. він, не знайомий зі способом Лаксмана, отримав патент на «Спосіб перетворення глауберової солі на соду». Цей спосіб ґрунтувався на використанні в якості сировини хлориду натрію, під час обробки якого сірчаною кислотою отримували сульфат натрію. У подальшому його переробляли за допомогою вуглецю та крейди або вапна на соду [96].

Перші содові заводи за способом Леблана були побудовані в 1793 р. у Франції (Париж), у 1823 р. – в Англії (Ліверпуль), у Німеччині (Шенебек-на-Ельбі), 1864 р. – у Росії (Барнаул).



Рисунок 2.21 – Ніколя Леблан

Спосіб Леблана тривалий час був єдиним у содовій промисловості. Найбільший розвиток цей спосіб отримав у Англії. Сировина з колоній та поява індустрії сприяли становленню цієї країни як світового лідера в хімічному виробництві протягом кількох десятиліть у XIX ст. З кінця XIX ст. завдяки швидкому процесу концентрації виробництв, високому рівню науково-технічного розвитку, активній торговій політиці, перші позиції на світовому ринку хімічної продукції поступово завоювала Німеччина. У США хімічна промисловість почала розвиватися значно пізніше, ніж в Європі, але вже з 1913 р. за об'ємом хімічного виробництва країна вийшла на передові позиції у світі. Цьому сприяли багаті корисні копалини, розвинута транспортна мережа, міцний внутрішній ринок. Розповсюдження способу Леблана потребувало збільшення об'ємів виробництва сірчаної кислоти, яку на той час виготовляли у відносно невеликій кількості. Тому цей спосіб стимулював розвиток не тільки сірчанокислотної промисловості, а й основної хіміч-

ної технології в цілому.

Новий аміачний спосіб отримання соди був запропонований у 1838–1840 рр. англійськими інженерами-хіміками Г. Грей-Дьюаром і Д. Хеммінгом. Вони пропускали крізь воду газоподібні аміак і диоксид вуглецю, а потім додавали до цього розчину хлорид натрію. Отриманий малорозчинний гідрокарбонат натрію відфільтровували та підігрівали, перетворюючи на соду. Бельгійський інженер Ернест Сольве (рис. 2.22) скористався цими дослідженнями, взяв за основу технологію содового процесу англійських інженерів і технологічно оформив виробництво. Отже, у 1870-х рр. з'явився новий спосіб отримання соди, який був найменований способом

Сольве. Цей спосіб зробив радикальний переворот у содовому виробництві. Його сутність полягала в насиченні природних соляних розчинів аміаком та диоксидом вуглецю з подальшим переробленням отриманого осаду бікарбонату натрію на кальциновану соду шляхом його прожарювання. Відмінною особливістю способу Сольве було те, що всі стадії виробництва були безперервними, а в практику було запроваджено більш досконале обладнання – сольвеївські колони [97].

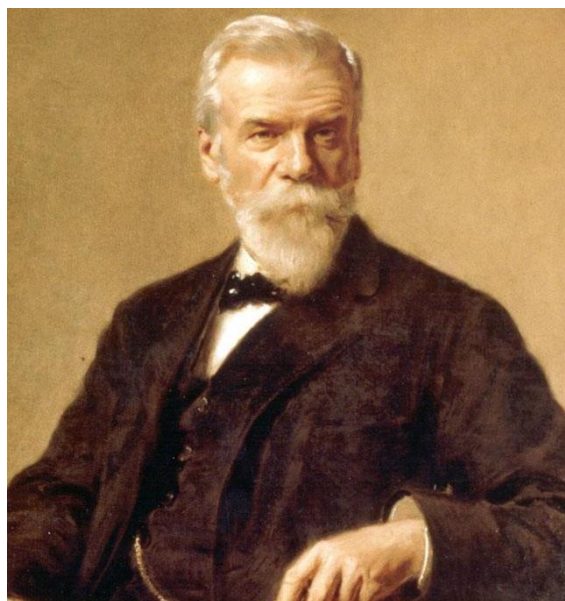


Рисунок 2.22 – Ернест Гастон Сольве

Потім М. Гонігман вирішував проблему насичення аміачного розчину не в колонах, а у послідовно з'єднаних циліндричних резервуарах. Однак недоліком цього способу була періодичність процесу, що призводило до зниження продуктивності виробництва, тому цей спосіб не набув поширення.

До стрижневої галузі основної хімії належить також виробництво мінеральних добрив: азотних, калійних, фосфатних та комбінованих. Ще стародавні греки та римляни були знайомі зі способами поліпшення якості ґрунту щодо підвищення врожайності. Так Ксенофонт Афінський, наприклад, пише, що всі знають, як виправляти солончаковий ґрунт домішкою різних речовин, рідких і сухих, не утримуючу сіль. Більш докладні відомості про це ми знаходимо в трактатах римського письменника й агронома Колумелли (І ст. н.е.), а також Плінія Старшого.

Відомі чотири давніх способи поліпшення якості ґрунту:

- 1) змішування одних видів ґрунтів з іншими;
- 2) додавання до ґрунту органічних добрив;
- 3) використання золи;
- 4) застосування викопних мінеральних добрив.

Все це свідчить про те, що мінеральні добрива досить широко застосовувалися ще в Стародавній Греції й Римі. Отже, вони повною мірою можуть бути включені до переліку мінеральної сировини, яка використовувалася в античну епоху.

Отже, починаючи з давніх часів, мінеральні добрива були визнані як необхідна складова у підвищенні врожайності. Також ще за часів відомого німецького хіміка Ю. Лібіха (1803–1873) (рис. 2.23), засновника агрохімії, було встановлено, що кожній рослині для її зростання й розвитку необхідні певні кількості азоту, фосфору, кальцію, калію в розчинній формі.



Рисунок 2.23 – Юстус фон Лібіх

Практичне втілення ідей Ю. Лібіха почалося тільки через тридцять років після його смерті. Отже, лише наприкінці XIX ст. хімічна наука й промисловість досягла такого рівня, що виробництво мінеральних добрив стало можливим [98].

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ СТАНОВЛЕННЯ ПРИКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ НАУК. ХІХ ст. – ПЕРША ПОЛОВИНА ХХ ст.

3.1. Становлення та розвиток оброблення матеріалів різанням як галузі технічних наук

3.1.1. Формування виробничої та теоретичної бази галузі різання матеріалів

Слід зазначити, що технічні знання про оброблення матеріалів різанням, які накопичувались технікою для науки, майже не спиралися на науку. З приводу протиріччя у стосунках науки з технікою можна зауважити, що до початку вісімнадцятого століття вони існували кожна сама по собі [99]. Ф. Енгельс так висловився стосовно середньовічних наук: «Наука була слухняною служкою церкви, їй не було дозволено виходити за межі, встановлені вірою: коротше кажучи, вона була чим завгодно, лише не наукою» [15]. З цього періоду історії розвитку людства спостерігається проникнення науки в техніку й виробництво. Вони об'єднуються на взаємовигідній основі. З цього часу техніка значною мірою залежить від стану науки, але значно більшою мірою наука залежить від стану й потреб техніки. Саме технічні потреби в суспільстві просувають науку вперед більше, ніж десяток університетів [100].

Становлення й розвиток теорії оброблення матеріалів різанням, як і інших технічних наук, відбувалося за схемою переходу від окремих (часткових) фактів до часткових законів, а від них – до більш загальних принципів, які перевірялись досвідом і практикою, тобто за *індуктивним методом*, сформульованим англійським філософом Френсісом Беконом у 1620 р. Цей метод добре знали або відчували кращі природознавці й плідно використовували його в повсякденній діяльності [101, с. 19–20].

Науковою базою для перших системних досліджень у галузі оброблення матеріалів різанням стали положення окремих наук загальнотехнічного спрямування, що вже на той час склалися. Це зокрема механіки Декарта та Ньютона, вчення про закони тертя (трибології) Леонарда Ейлера, теорії пружності та опору матеріалів Галілея, Кулона, Маріотта, Гука, металургії й металознавства Ломоносова й Реомюра та деяких інших. Особливого значення набуло використання апарату математики, величезні досягнення

якої на середину XIX ст. були загальновідомими та визнаними. Це стосується зокрема нового апарату математики – диференційного та інтегрального обчислень, започаткованих Архімедом. Його формування завершено у XVIII ст. Ньютоном і Лейбніцем [102].

У той же час, такі важливі загальнотехнічні науки, як механіка деформівного твердого тіла, механіка руйнування, теплофізика ще не мали достатнього наукового апарату, який можна було б використати в дослідженнях оброблення матеріалів різанням. Слабкою на той час також була база наукових приладів, які можна було б застосувати для експериментальних досліджень явищ, що відбуваються під час різання металів. Єдиним винятком був оптичний мікроскоп, що був відомий вже Галілею, який користувався ним у 1609 – 1610 рр. [102, с. 110].

До середини XIX ст. оброблення матеріалів різанням залишалося, головним чином, справою практики майстрів і механіків, а знання й досвід передавались ними із покоління в покоління. Учені, що започатковували оброблення матеріалів різанням як науку, мали створювати власну базу експериментальних методик та приладів. Першим довідником і підручником з металообробленням в цей період була книга Р. Бехенена, що відзначалося вище.

Процес отримання якісної вуглецевої інструментальної сталі в Росії в 1837 р. здійснив російський інженер-металург П.П. Аносов (1797 – 1851 рр.) (рис. 3.1). Його наукові дослідження, що були розпочаті в Златоусті на фабриці вогнепальної зброї, дали можливість зрозуміти (услід за Р. Реомюром, про що йшлося вище) роль вмісту вуглецю як елемента, що визначає механічні властивості сталі й впливає на технологію термооброблення. Він розкрив таємницю булатної сталі й запропонував кілька варіантів її промислового виробництва. Результати своїх досліджень



Рисунок 3.1 – П.П. Аносов

металург опублікував у 1837 – 1841 рр. в «Горному журналі» й реалізував їх під час виробництва високоякісної литої тигельної сталі. П.П. Аносов вивчав вплив деяких інших елементів разом з вуглецем на властивості сталі. З

науково-дослідних праць П.П. Аносова металургія сталі почала перетворюватися з ремесла та мистецтва на точну науку [73, с. 123].

Значні зміни в масовому виробництві литої сталі відбулися завдяки винаходу англійського інженера Г. Бессемера (1813 – 1898 рр.) (рис. 3.2), який у 1856 р. запропонував продувати повітря через розплавлений у конверторі чавун. За цією технологією кисень повітря горить разом з надлишковим вуглецем чавуну, підтримуючи високу температуру, яка потрібна для забезпечення перебування отриманої сталі в рідкому стані. Не дивлячись на велике значення бесемерівської сталі, вона не вирішувала проблеми отримання якісного металу, та ще й виникла нова проблема переробки великих запасів пудлінгового заліза, яке накопичилося на заводах [5, с. 266].



Рисунок 3.2 – Г. Бессемер

Це завдання успішно вирішили в 1864 р. французькі інженери Еміль і П'єр Мартени. В основу запропонованого ними способу отримання сталі в полумєневих печах покладено розроблений у 1858 р. німецькими винахідниками братами Вільгельмом та Фрідріхом Сіменсами принцип регенерації



Рисунок 3.3 – Томас Сідні Джилкріст

тепла продуктів горіння для отримання температури, достатньої для переплавлення. У цих печах міг використовуватися процес Реомюра із одночасним закладенням в піч чавунних «чушок», скрапа (лому) й руди. Недолік обох методів – високі вимоги до чистоти залізних руд від шкідливих домішок, особливо фосфору, було ліквідовано англійським металургом Сідні Томасом (1850 – 1885 рр.) (рис. 3.3). Він у 1878 р. запропонував використовувати основну футеровку (облицювання)

для їх поглинання. Сталь, отримана цим способом, мала високу якість, і давала широку можливість виготовляти спеціальні леговані сталі [73, с. 124–125].

Отже, всі розглянуті наукові й технічні рішення започаткували епоху сталі в машинобудуванні та інструментальному виробництві, яка триває й дотепер. Дерево й чавун, як конструкційні матеріали в машинобудуванні, у XIX ст. були витіснені сталлю. Інструментальне виробництво й машинобудування отримали новий якісний матеріал – високовуглецеву сталь, яка використовується й тепер для виготовлення деяких видів різальних інструментів, зокрема ручних. Марки високоякісних сучасних інструментальних вуглецевих сталей із вмістом вуглецю в межах 0,7–1,3% і низьким вмістом нейтральних та шкідливих домішок – кремнію, марганцю, сірки (менше 0,02%) та фосфору (менше 0,03%) після термооброблення мають високі фізико-механічні властивості [103].

Вплив механічного супорта був настільки значним, що спонукав стрибкоподібне вдосконалення виробів машинобудування й став поштовхом для нових винаходів. Так, ще за життя Модслі самохідний супорт був успішно застосований на стругальних верстатах, зокрема, для отримання точних напрямних верстатів. Важка промисловість, що почала цього часу розвиватися, отримала металорізальні верстати нового типу. Так, кінематика процесу фрезерування відкривала надзвичайно широкі перспективи для високопродуктивного оброблення плоских та фасонних зовнішніх поверхонь деталей будь-яких розмірів, маси й конфігурації (крім тіл обертання). Профіль деталі копіювався профілем фрези, продуктивність оброблення забезпечувалася великою сумарною довжиною різального леза (на 1–2 порядки більшою, ніж у стругального чи довбального різця), а можливість обробляти масивні й великогабаритні деталі – кріпленням їх на столі верстату й наданням їм невеликих швидкостей переміщення (подач) відносно інструменту, що швидко обертася. У верстаті Дж. Несміта передбачено пристрій для повороту деталі й охолодження фрези водою. У 1855 р. у США було організовано масовий випуск фрезерних верстатів типу Лінкольн, які мали всі ознаки верстата сучасної фрезерної групи. Однак перший універсальний фрезерний верстат сучасного типу з механічними поздовжньою та поперечною подачею створив у цей же період американський винахідник Браун (патент був виданий у 1861 р. на ім'я фірми «Браун і Шарі») [69].

Повністю механізований поздовжньо-стругальний верстат для оброблення великих площин та деталей значної довжини, зокрема напрямних верстатів, у 1842 р. виготовлено в Англії Д. Вітвортом. У США, у зв'язку з переходом з першої половини XIX ст. від кремнієвої стрілецької зброї на

ударну капсульну, під час виготовлення револьверів виникла потреба масового виробництва деталей типу гвинтів. Для вирішення цієї проблеми С. Фукс у 1845 р. створив на базі токарного верстата перший верстат-напівавтомат – револьверний верстат. У револьверній головці, що мала лише поздовжню подачу, кріпилося вісім різальних інструментів. У подальших моделях токарно-револьверних верстатів США використано цанговий патрон (1871 р.), шпиндель з центральним отвором для можливості оброблення пруткового матеріалу, автоматизований поворот револьверної головки (1861 р.), обмеження поздовжнього руху цієї головки упорами, поперечний відрізний супорт тощо. Перший універсальний токарний автомат, головною особливістю якого був кулачковий вал, було винайдено також в США у 1873 р. Х. Спенсером [72, с. 5–9].

Отже, у першій половині XIX ст. було завершено створення більшості типів металорізальних верстатів і структурування основних кінематичних схем процесів різання, які використовуються в сучасних процесах оброблення матеріалів різанням і в сучасних металорізальних верстатах. Виняток становлять лише такі складні спеціалізовані й спеціальні процеси металооброблення, як нарізання зубчастих коліс методом обкатки, протягування та прошивання, оброблення глибоких точних отворів, а також відповідні верстати та інструменти для цих процесів. Такі процеси та засоби їх реалізації були створені пізніше на рубежі XIX–XX століть.

Викладений вище аналітичний матеріал було зведено нами в табл. 3.1, де подана хронологія та короткий опис подій, явищ, етапів і відкриттів у процесі накопичення знань про оброблення матеріалів різанням та споріднені технології і галузі техніки у першій половині XIX століття.

Отже, можна стверджувати, що техніка та технологія оброблення матеріалів різанням у середині XIX ст. була на достатньому рівні, щоб стати базою для започаткування однієї з галузей технічних наук – теорії оброблення матеріалів різанням. Підґрунтям та суспільною потребою для цього стали: практичний досвід людства в справі оброблення широкої гами матеріалів від дерева та кістки до чавуну та сталі; широка номенклатура створених різальних інструментів від найпростішого різця й перового свердла до найскладнішої фасонної фрези та гвинтового свердла, які виготовлялись з високоякісної термозміцненої вуглецевої інструментальної сталі; розмаїття кінематичних схем оброблення різанням, що реалізувались за допомогою гами механізованих металорізальних верстатів; суспільна потреба в науковому

Таблиця 3.1. – Хронологія подій у процесі накопичення знань про оброблення матеріалів різанням та споріднені технології у першій половині XIX ст.

Період, час, коли відбулася подія	Назва та характеристика події, етапу, відкриття, розробки, дослідження	Автор винаходу, розробки, дослідження	Територія, держава, місто
50-ті роки XVIII ст. – 70-ті роки XIX ст.	Відкриття раніше невідомих металів, що використовуються для легування сталі: нікель; марганець; молібден; вольфрам; магній; кальцій, барій; цирконій; алюміній; титан; берилій; ванадій		Промислово розвинуті держави Європи
Початок XIX ст. – 1841 р.	Опублікування першого довідника-підручника з металооброблення (п'ять видань)	Р. Бехенен	Англія, Лондон
1828 – 1841 рр.	Розкриття таємниці булатної сталі; розроблення технології виробництва високоякісної тигельної сталі	П.П. Аносов	Росія
1820 – 1830 рр.	Розроблення кінематики та конструкції першого фрезерного верстата	Е.Уінті Д.Несміт	США Англія
Перша половина XIX ст.	Розробка кінематики та конструкції лоботокарних, токарно-карусельних, поздовжньо- та поперечно-стругальних, вертикально- та радіальносвердильних верстатів		Англія
1845 – 1871 рр.	Створення та вдосконалення першого токарно-револьверного напівавтомата з автоматизованою револьверною головкою, цанговим патроном, шпинделем з центральним отвором і поперечним відрізним супортом	С. Фукс	США
1855 р.	Створення першого універсального фрезерного верстата сучасного типу з механічними поздовжньою та поперечною подачами; організація масового випуску фрезерних верстатів типу Лінкольн у США	Браун	США
1856 р.	Винайдення способу масового виробництва литої якісної сталі шляхом продування розплавленого чавуну повітрям у конверторі	Г. Бессемер	Англія
1856 – 1867 рр.	Розроблення нового способу масового виробництва литої (мартенівської) сталі в регенеративних полуменевих печах шляхом спільного плавлення чавуну і лому (скрапу)	Ф. Сіменс В. Сіменс П. Мартен Е. Мартен	Німеччина Франція
1868 р.	Відкриття фазових перетворень у сталі під час її нагрівання й критичних точок (температур) поліморфних перетворень, що визначають структуру та властивості сталі, як основи сучасного металознавства й термооброблення	Д.К. Чернов	Росія
1873 р.	Створення першого універсального токарного автомата з кулачковим валом	Х. Спенсер	США
1879 р.	Винайдення способу масового виробництва литої якісної сталі у конверторі з основною футеровкою, що поглинає шкідливі домішки, зокрема фосфор	С. Томас	Англія
1880-ті роки	Початок використання групового електроприводу від одного потужного двигуна постійного струму для металорізальних верстатів у промисловості		Промислово розвинуті держави

осмисленні та поясненні наявних експериментальних та виробничих показників з метою пошуку шляхів та засобів подальшої інтенсифікації різних галузей машинобудування за допомогою оброблення матеріалів різанням – ключової фундаментальної технології під час виробництва машин.

3.1.2. Перші часткові та системні дослідження механіки процесу різання; досліді професора І.А. Тіме

Перші дослідження в галузі оброблення матеріалів різанням на верстатах було проведено в 1848 р. капітаном французької артилерії Кокіля. Значимість дослідження Кокіля полягає в тому, що в його перших експериментах отримано вірні результати про збільшення контактного тиску на інструмент за умов зменшення товщини стружки [104, с. 7–12].

У 1858 р. німецький дослідник Ф. Вібе опублікував працю «Машини, конструкційні матеріали та їх оброблення», в якій навів свою формулу для визначення сили різання [105, с. 37].

Потреба в промисловому обробленні сталей підвищеної твердості та відбілених чавунів стимулювала пошуки нового інструментального матеріалу, кращого, ніж інструментальна вуглецева сталь. У 1861 р. в Англії Роберт Мушет запропонував так звану самогартівну сталь, леговану вольфрамом (6–10 %), марганцем (1,2–2 %) і хромом (0,5 %). Ця сталь під час гартування була здатна отримувати необхідні службові властивості після охолодження на повітрі. Проте сталь Мушета давала можливість підвищити швидкість різання лише на 30 – 40 % [106, с. 138].

Дослідження Жоссея 1864 р., мають лише те значення, що це були перші експерименти в галузі оброблення матеріалів різанням, виконані за допомогою різця [106, с. 12].

У 60-ті роки XIX ст. у США винайдено штучні абразивні матеріали. Це були наждак та алунд (штучний корунд), зерна яких скріплювались особливою цементувальною речовиною — зв'язкою. Абразивні інструменти мали вигляд шліфувальних кругів діаметром 600 – 700 мм, або сталевих дисків з наклеєним абразивним полотном. Швидкість різання під час шліфування на верстатах сягала 15 – 20 м/с, тобто майже сьогоdnішніх значень цієї характеристики. Винахід штучних абразивів сприяв створенню шліфувальних верстатів, а також широкому розповсюдженню фрезерування, оскільки стало можливим фінішне оброблення фрез після гартування – нарізання зубців та переточування [107, с. 334–347].

Перші найглибші дослідження в галузі оброблення матеріалів різанням були проведені російським та українським вченим професором І.А. Тіме (1838–1920) [108, с. 59–60] (рис. 3.4). У період перебування на Луганському чавуноливарному заводі І.А. Тіме в 1868 – 1869 рр. виконав свої класичні дослід з вивчення процесу утворення стружки, які стали основою його монографії «Сопротивление металлов и дерева резанию» [105]. Дослідження процесу стружкоутворення І.А. Тіме виконував на стругальному верстаті.



Рисунок 3.4 – І.А. Тіме

Для вимірювання сил різання вченим створено простий оригінальний пристрій, за допомогою якого можна було в потрібний момент розпочати процес різання, плавно змінювати швидкість, починаючи з її нульового значення, і в будь-який момент зупинити процес, залишивши різець у зоні оброблення. Пристрій складався з храповика, який було жорстко закріплено на валу рухомого стола верстата, важеля довжиною 1130 мм, який одним кінцем було вільно насаджено на тому ж валу, набору гирьок, що встановлювалися на другому кінці важеля, і собачки, що з'єднувала важіль з храповиком. Збільшуючи вагу гирьок на кінці важеля, можна було досягти моменту, коли стіл верстата рушав з місця, тобто починалося стружкоутворення. Знаючи вагу гирьок, довжину важеля й характеристику зубчастої передачі від вала до рейки стола, можна вирахувати зусилля, що рухало стіл. І.А. Тіме розумів, що дійсна сила різання на інструменті буде значно меншою від сили, що рухала стіл, через втрати в кінематиці верстата, і тому він довільно увів постійну поправку 60 %. Вона мала відобразити коефіцієнт корисної дії верстата.

Системне експериментальне дослідження професором І.А. Тіме стало науковою основою процесу різання, причому найважливіші результати цього дослідження такі:

- вперше висловлено припущення про спільність закономірностей різних за кінематикою процесів різання (точіння, стругання тощо);
- доведено, що різання є послідовним сколювання (зсувом) окремих елементів оброблюваного матеріалу, тобто вперше вірно визначена сутність процесу;

- вперше впроваджено поняття про площину сколювання (зсуву) та кут нахилу цієї площини й показано, що основне деформування матеріалу під час різання відбувається в межах цієї площини;
- експериментально визначено, що сума кутів різання й нахилу площини сколювання знаходиться у порівняно вузькому діапазоні ($145^\circ \dots 155^\circ$);
- вперше виявлено явище усадки стружки й запроваджено поняття коефіцієнту усадки;
- надано класифікацію видів стружки;
- впроваджено поняття «коефіцієнта різання» як сили різання, що відноситься до 1 мм^2 поперечного перерізу зрізуваного шару, і досліджено його залежність від кута різання та механічних властивостей оброблюваного матеріалу;
- отримано перше (приблизне) рівняння для визначення сили різання без урахування сили тертя;
- показана періодичність сили різання, яка викликається утворенням окремих елементів стружки.

Отже, пріоритет професора І.А. Тіме як першого дослідника механіки процесу різання матеріалів є незаперечним.

У другій половині XIX та на початку XX століття було здійснено ще низку досліджень у галузі оброблення матеріалів різанням, різних за значимістю, вагомістю та правильністю результатів, серед яких варто відзначити такі.

У 1869 – 1871 рр. в Німеччині було виконано дослідження Гартіга, особливістю якого було проведення експериментів у реальних виробничих умовах [111]. Пізніше, аналізуючи результати Гартіга під час стругання чавуну, А.М. Челюсткін показав, що

$$\varepsilon = \frac{0,124}{a^{0,38} \cdot b}, \quad (3.1)$$

тобто показник ступеня $0,38$ є наслідком неочікуваного впливу на потужність, а значить і на силу різання, виключно товщини зрізу (подачі) [110, с. 50]. Отже, Гартіга слід вважати першим дослідником, що відкрив цей принципово важливий закон оброблення матеріалів різанням.

У 1873 р. французький вчений Треска вперше зробив спробу теоретично описати процес різання (стругання) [111]. Проте позитивних результа-

тів ця робота не дала, оскільки базувалася на хибній концепції прирівнювання схеми різання до процесу витікання твердого тіла, переведеного у пластичний стан.

У 1874 р. В.Л. Чебишев запропонував формулу для розрахунку висоти залишкових гребінців під час оброблення різанням залежно від геометричних параметрів інструмента, подачі та кінематики процесу, яка залишається вірною й сьогодні. Праця В.Л. Чебишева поклала початок дослідженням шорсткості поверхні в процесах оброблення матеріалів різанням [112, с. 57].

У 1884 р. була опублікована праця Петербурзького професора П.А. Афанасьєва «Определение усилия и его работы при образовании стружек» [113, с. 62–63]. Наукове значення цієї праці полягає в тому, що в ній вперше подано схему сил різання з урахуванням сил тертя, що діють на гранях інструменту, а також у тому, що вченим уперше теоретично доведено, що коефіцієнт тертя під час різання завжди має бути значно більшим від коефіцієнта тертя в парі поверхонь, що працюють без руйнування, наприклад, у парах тертя деталей машин.

А.В. Гадолін, видатний вчений-артилерист, академік, у 1888 р. опублікував курс лекцій «Механическая технология металлов», де виклав результати своїх теоретичних досліджень сили різання з урахуванням сил тертя між різцем та виробом [113, с. 63]. Заслуга А.В. Гадоліна полягає в тому, що він уперше вказав на існування двох груп сил, що діють на різець: сил на передній поверхні, які виконують стружкоутворення, і сил, які не пов'язані безпосередньо з цим процесом і прикладені, на думку вченого, до різальної окрайки різця.



Рисунок 3.5 – Зворикін К.О.

Наступні кроки в галузі механіки процесу різання зробив видатний вітчизняний вчений К.О. Зворикін (1861 – 1928 рр.) (рис. 3.5), який у 1893 р. видав класичну працю «Работа и усилие, необходимые для отделения металлических стружек». Ця фундаментальна наукова праця доповнювала й розвивала ідеї попередників. У ній харківський учений узагальнив накопичені за багато років експериментальні дані, що були отримані ним, та теоретично вивів формулу для розрахунку головної складової сили різання з урахуванням сили тертя, що було зроблено вперше.

Для своїх експериментів він сконструював і вперше у світовій практиці використав гідравлічний динамометр, який дозволив підвищити точність вимірів. Аналізуючи механіку сил, що діють у процесі різання на стружку та інструмент, а також ураховуючи сили тертя на передній та задній поверхнях різця, К.О. Зворикін сформулював умови пластичності під час різання металів й аналітично визначив напрямок площини зсуву матеріалу. Він отримав наступне рівняння для визначення кута зсуву Φ , що визначає напрямок єдиної площини зсуву оброблюваного матеріалу:

$$2\Phi + \Theta - \gamma = C, \quad (3.2)$$

де Θ – кут тертя на передній поверхні інструмента; γ – передній кут інструмента; C – постійна величина, що приблизно дорівнює 80 .

Наукова значимість рівняння (3.2), яке не зазнало суттєвих змін і до сьогодні, полягає в тому, що вперше було поєднано всі основні фактори механіки процесу різання під час стружкоутворення: явища в площині зсуву і в зоні контакту стружки з передньою поверхнею інструмента і з геометрією різального клина. К.О. Зворикіним уперше, на відміну від попередників, надано математичного виразу для зусиль різання й зусиль опору зсуву згаданої площини. Учений також показав, що ширина й товщина стружки неоднаково впливають на силу різання. На основі численних експериментів К.О. Зворикін встановив, що питома сила різання залежить від товщини стружки так, що зі збільшенням товщини стружки тиск на різець зменшується. Вчений дав формулу визначення залежності між зусиллям різання і розмірами перерізу стружки. У цілому ж наукові дослідження К.О. Зворикіна в галузі різання матеріалів за своєю методикою та концентрацією ідей були неперевершеними протягом кількох десятиліть.

Російському вченому А.А. Бріксу належить перша науково обґрунтована і систематизована термінологія в галузі оброблення матеріалів різанням, яка використовується з невеликими уточненнями й сьогодні: передня грань, задня грань, кут загострення різця, кут різання, задній кут, передній кут, різальне лезо тощо. Усі попередники А.А. Брікса у своїх висновках покладалися на гіпотезу про існування єдиної площини зсуву, в межах якої локалізується деформація. А.А. Брікс вперше зазначив, що під час стружкоутворення деформація відбувається в певній клиноподібній зоні, і запропонував теорію стружкоутворення з урахуванням цієї обставини, а також розвинув та обґрунтував гіпотезу А.В. Гадоліна про існування сил, що не

пов'язані безпосередньо з процесом утворення стружки (сил на задній поверхні різця) [113, с. 10].

У 1905 – 1910 рр. М.М. Саввіним були виконані перші дослідження впливу мастильно-охолоджувальних речовин на процес різання, а також дослідження теплових явищ під час різання за допомогою калориметричного методу [115].

3.1.3. Дослідження фізики процесу різання; винахід швидкорізальної сталі; удосконалення фрези

Усі дослідники історії виникнення, становлення й розвитку науки про різання матеріалів, починаючи з А.М. Челюсткіна, підкреслюють особливе значення наукових досліджень видатного вченого-експериментатора Я.Г. Усачова, які були проведені в 1908 – 1917 рр. у Петербурзькому політехнічному інституті. Цими дослідженнями було започатковано новий напрям науки – вивчення фізичних основ процесу різання матеріалів. Якщо І.А. Тіме та К.О. Зворикіна можна назвати основоположниками механіки різання, то Я.Г. Усачова (1873 – 1941 рр.) (рис. 3.6) на всіх підставах – основоположником фізики різання матеріалів [116, с. 7–8].



Рисунок 3.6 – Я.Г. Усачов

У 1900–1902 рр. він перебував на посаді механіка Вищого гірничого училища в Катеринославі (тепер Дніпро) в Україні. З 1902 р. Я.Г. Усачов, працюючи на кафедрі фізики Петербурзького політехнічного інституту, виконав своє фундаментальне дослідження, яке узагальнив у публікації 1915 – 1916 рр. «Явления, происходящие при резании металлов» [117]. У своїх дослідженнях Я.Г. Усачов уперше застосував оптичний мікроскоп і металографічний аналіз зони стружкоутворення, стружки й поверхневого шару виробу після оброблення різанням на так званих «коренях»

стружки. У результаті дослідник виявив наявність зсувів між окремими елементами стружки, які відбуваються під певним кутом (до 30°) до основної площини зсуву, положення якої виявили попередники Я.Г. Усачова. Дослідження показали, що під час різання пластична деформація розповсюджується не лише в межах кута сколювання (зсуву), але й в глибину пред-

мета і попереду стружки. Тим самим, застосовуючи сьогодишню термінологію, можна стверджувати, що Я.Г. Усачов уперше визначив межі клиновидної зони стружкоутворення, як криволінійної поверхні, на відміну від площин А.А. Брікса. Я.Г. Усачов уперше спостерігав холодне деформаційне зміцнення поверхні зразка, викликане обробленням різанням (явище «наклепу»). Йому також належать ґрунтовні дослідження теплофізики різання, проведені за допомогою штучної та напівштучної термопар власної конструкції. Я.Г. Усачов уперше вірно пояснив явище наростоутворення під час оброблення матеріалів різанням: «Образование нароста на резце есть одно из условий приспособляемости природы к условиям, при которых процесс совершается с наименьшей затратой энергии». Тепер явище пристосованості системи до дії зовнішніх факторів впливу отримало назву «синергетика». З позиції механіки деформівного твердого тіла нарост є не що інше, як застій деформованого оброблюваного металу на передній грані різця. Ним уперше досліджено й пояснено ефект поліпшення оброблюваності різанням металів і сплавів шляхом їх попереднього зміцнення холодною пластичною деформацією. Запропоновані Я.Г. Усачовим методики проведення експериментів у зоні стружкоутворення (металографічний і мікроаналіз зони та визначення температур і температурних полів у цій зоні за допомогою термопар) і на сьогодні є основними в арсеналі вчених, що працюють у галузі оброблення матеріалів різанням.

На рубежі XIX і XX століть були також виконані надзвичайно значимі експериментальні дослідження великого обсягу американським інженером Фредеріком Вінслоу Тейлором (1856 – 1915 рр.) (рис. 3.7) [118]. Тейлор був піонером у дослідженні законів стійкості інструменту й швидкості різання. Він також досліджував залежність сили різання від перерізу припуску й отримав найточнішу в XIX ст. експериментальну формулу для цієї характеристики під час обробки сталі й чавуну, хоча і не надавав вивченню сил різання особливого значення. Тейлор уперше



Рисунок 3.7 – Ф.В. Тейлор

дав у математичній формі основні закони швидкості різання для різців, зокрема залежність стійкості інструмента від швидкості різання ($T-v$), подачі

та глибини різання, а також – швидкості різання від механічних властивостей оброблюваного матеріалу. Він уперше запровадив поняття економічного періоду різання й обрахував величину цього періоду для токарних різців. Вивчаючи вплив на стійкість інструмента та швидкість різання понад 12 незалежних факторів (властивостей оброблюваного матеріалу, мастильно-охолоджувального середовища, геометричних параметрів різців тощо), Тейлор, емпірично а потім і теоретично обґрунтував найвигідніші режими різання під час металооброблення, що мало надзвичайно важливе значення для машинобудування. При цьому, оскільки детальні розрахунки режимів різання виявилися досить трудомісткими, учений створив спеціальні обчислювальні лінійки, за допомогою яких робітники–верстатники могли визначати раціональні режими різання.

Найвизначнішим досягненням Тейлора був винахід складу та способу термічного оброблення сучасної швидкорізальної сталі. Проф. С.С. Рудник оцінює цей науковий результат як «винахід світової ваги» [119], а проф. А.Д. Гатцук вважає, що «появление быстрорежущей стали открыло новую эру в механическом деле». Різці, які були виготовлені із швидкорізальної сталі, вперше запропонованої в 1898 р., демонструвалися на Всесвітній промисловій виставці в Парижі в 1900 р. Використання цих різців дозволило майже в 5 разів підвищити швидкості різання, які допускалися інструментом із звичайної вуглецевої сталі. Додавання у сталь певних легуючих елементів, у першу чергу вольфраму, а також ванадію та хрому забезпечувало здатність сталі зберігати свої різальні властивості під час нагрівання в процесі різання майже до 600 °С, тобто до червоного кольору, звідки й пішов широковживаний термін «червоностійкість» інструменту. Оптимальним вмістом легуючих елементів за Ф. Тейлором у цій сталі є: 18,91% вольфраму; 5,47% хрому; 0,29% ванадію; 0,11% марганцю і 0,043% кремнію за умови вмісту вуглецю 0,67% [120].

Що стосується способу термічного оброблення швидкорізальної сталі, який разом з хімічним складом забезпечував надзвичайні різальні властивості, то Тейлор виклав їх у своїй монографії (переклад російською 1909 р.), не розкриваючи однак режим термооброблення. Він писав: *«Когда резцы из стали уже применявшегося ранее химического состава (содержание не менее 1,2% хрома и 1% вольфрама или его эквивалента) были обработаны совершенно новым и необычным способом, при чрезвычайно высокой температуре, которая испортила бы окончательно обыкновенные*

резцы, то такая обработка сообщила лезвию резцов совершенно новое свойство – твердость при нагреве докрасна. Это и есть новое, что позволяет быстрорежущим резцам работать с такими большими споростями резания». Пізніше сучасником Тейлора було уточнено, що швидкорізальні сталі того часу нагрівалися під час гартування до температури понад 900 °С і швидко охолоджувались у воді [107, с. 333]. На сьогоднішній день технологія термооброблення швидкорізальної сталі є широковідомою й полягає в гартуванні сталі з температур 1210 – 1240 °С в маслі з метою отримання високолегованого теплостійкого мартенситу й триразового відпускання за температури 550–570 °С протягом 45...60 хв. При цьому досягається максимально можлива твердість сталі (HRC 63...65) [65]. Лабораторні досліді 1907 р. показали, що за умов використання різців із швидкорізальної сталі під час токарного оброблення можна отримати наступні результати в порівнянні з роботою різців із вуглецевої інструментальної сталі (І.А. Тіме) і самогартівної сталі (Фішер) [107]:

Таблиця 3.2 – Зростання швидкостей різання під час металооброблення в період з 1860 до 1907 рр., м/хв.

Оброблюваний матеріал	1860 р. (І.А. Тіме)	Кінець 1890-х р. (Фішер)	1907 р. (Тейлор)
М'яка сталь	4,5 – 7,5	5,4 – 7,8	25 – 30
Тверда сталь	2,4 – 3,9	2,4 – 6,0	12,6
Сірий чавун	3,0 – 6,0	3,0 – 9,0	—
Білий чавун	0,6 – 1,08	0,6 – 1,2	15,8
Бронза, латунь	7,5 – 10,8	9,0 – 18,0	—

Досліди з вольфрамвміщувальною сталлю, що були проведені в 1900 р. у США в заводських умовах, показали переваги сталі Тейлора–Уайта за стійкістю інструменту в 11–30 разів над самогартівною сталлю Мушета.

У 1903–1904 рр. професор Манчестерської технологічної школи Нікольсон виконав серію надзвичайно точних дослідів з вивчення впливу на силу різання швидкості різання, подачі, товщини зрізу, кута різання та кута в плані різця, а також форми леза головної та допоміжної різальної окрайки (прямолінійної та криволінійної). Для досліджень учений сконструював точний трикомпонентний гідравлічний динамометр–супорт, який допускав навантаження за усіма компонентами сили різання (P_z , P_y , P_x) до 15 тонн-

сили. Результатом дослідів Нікольсона стала потреба в перегляді відомих на той час конструкцій металорізальних верстатів у бік їх посилення. Учений зазначив, що лише точна інформація про сили різання дає можливість зробити науково обгрунтований розрахунок напружень у різних вузлах верстата, а значить, і його міцності [121].



Рисунок 3.8 – В.С. Кнаббе

Цей період розвитку науки про різання матеріалів пов'язаний ще з однією неординарною особистістю – Володимиром Сергійовичем Кнаббе (1849 – 1914 рр.) (рис. 3.8) – інженером, педагогом, визначним практиком машинобудування, ученим. У своїх працях він розкрив сутність патенту Ф.В. Тейлора, яка полягала в особливості способу нагрівання, гартування й відпускання, що спричинило переворот у справі термооброблення сталених інструментів.

Перебуваючи за кордоном на кращих машинобудівних заводах, В.С. Кнаббе зібрав великий практичний матеріал. Результатом його оброблення стала фундаментальна монографія про фрезерування (1892 р.), яка принесла автору щонайширше визнання на батьківщині та за кордоном [122]. Велика заслуга В.С. Кнаббе полягає в тому, що він уперше дослідив й узагальнив величезний матеріал щодо використання фрези у виробництві в науковому контексті, визначивши роль цього інструменту в тогочасному машинобудуванні.

Нова книга В.С. Кнаббе «Современные машиностроительные заводы и применяемые ими новые способы холодной обработки металлов» стали літописом якісних змін технічної бази світового машинобудування за два десятиліття (1890 – 1910 рр.), зокрема, оброблення матеріалів різанням. Компетентне дослідження історії створення швидкорізальної сталі, яке було викладено В.С. Кнаббе вперше, супроводжувалось також глибоким аналізом причин, які перешкождали широкому впровадженню цієї сталі у виробництво. В.С. Кнаббе першим показав, що інструмент з цієї сталі був надзвичайно ефективним і на той час його було вигідно застосовувати у всіх, без винятку, механізованих процесах оброблення металів різанням [123]. Окремі порівняльні дані В.С. Кнаббе щодо різання інструментом з вуглецевої та швидкорізальної сталей наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльні робочі швидкості в метрах за хвилину під час оброблення різних конструкційних матеріалів [123]

Оброблюваний матеріал	Звичайна вуглецева інструментальна сталь			Швидкорізальна сталь		
	токарні, стругальні та довбальні різці	свердла	фрези	токарні, стругальні та довбальні різці	свердла	фрези
чавун	6–10	5–9	12–16	14–20	12–18	25–38
машинна сталь	7–9	6–8	13–18	16–24	14–20	30–40
коване залізо	10–13	7–9	20–25	22–32	18–25	45–60
латунь	13–19	9–14	25–38	30–40	25–32	60–75

Праці В.С. Кнаббе відзначалися рідкісною актуальністю й високим науково-теоретичним рівнем. Стрімкі процеси розвитку машинобудування й механічної технології останніх двадцяти років XIX ст. і перших десяти років XX ст. знайшли ґрунтовне відбиття в його величезній науково-дослідній та історичній спадщині.

Отже, за 65–70 років від початку перших розрізнених досліджень (Кокіля, Вібе, Жоссель) до опублікування праці Я.Г. Усачова (1915–1916 рр.) оброблення матеріалів склалося як окрема суспільно-важлива галузь технічних наук й отримала швидкий розвиток. У цей період було закладено основи механіки різання матеріалів (І.А. Тіме, Гартіг, К.О. Зворикін, А.А. Брікс), теплофізики процесу (М.М. Саввін, Я.Г. Усачов), стійкості та спрацювання інструменту (Ф. Тейлор), якості поверхні після оброблення різанням (В.Л. Чебишев, Я.Г. Усачов); винайдено нові інструментальні матеріали – самогартівну сталь Р. Мушкета, штучні абразиви та швидкорізальну сталь Тейлора–Уайта, а також започатковано створення спеціальних методик та приладів для експериментального дослідження процесів оброблення матеріалів різанням: гідравлічний та важільно-пружинні динамометри, серед яких – трикомпонентний динамометр-супорт, методики дослідження температур різання за допомогою термопар і балансу теплоти – за допомогою калориметрії, металографічний мікроаналіз зони стружкоутворення.

Сказане вище можна систематизувати за часом, коли відбулися основні відкриття, винаходи та дослідження в галузі оброблення матеріалів різанням або в дотичних галузях технічних наук, які поєднані тісним взаєморозвитком. Така періодизація та хронологія головних подій подана в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Періодизація та хронологія головних етапів розвитку оброблення матеріалів різанням на початок ХХ ст.

Період, час, коли відбулася подія	Назва та характеристика події, етапу, відкриття, розробки, дослідження	Автор винаходу, розробки, дослідження	Місце, держава, місто
1	2	3	4
1848 р.	Перші експериментальні дослідження процесу різання – свердлення з визначенням осрової та окружної сил залежності від об'єму зрізаного металу (сталі, бронзи, чавуну)	Кокілья	Франція
1861 р.	Розробка самогартівної інструментальної сталі, легованої вольфрамом (5%), марганцем (1,5%) і хромом (1,5%)	Р. Мушет	Англія
1868 р.	Відкриття фазових перетворень у сталі під час її нагрівання й критичних точок (температур) поліморфних перетворень, що визначають структуру і властивості сталі, як основи сучасного металознавства й термооброблення	Д.К. Чернов	Росія
1868 – 1869 рр.	Проведення перших системних досліджень у галузі оброблення матеріалів різанням у заводських умовах у Луганську. Вперше показано, що різання відбувається шляхом послідовних сколювань (зсувів) окремих елементів оброблюваного матеріалу. Запроваджено поняття площини й кута сколювання, усадки стружки, коефіцієнта різання. Показана спільність різних за кінематикою процесів різання. Результати досліджень опубліковані у фундаментальній монографії (1870 р.)	І.А. Тіме	Росія – Україна
60-ті роки ХІХ ст.	Винайдення штучних абразивів (наждака та алунду) і розробка на їх основі шліфувальних кругів зі здатністю працювати зі швидкістю різання 15...20 м/с і шліфувальних верстатів, що сприяло розвитку фрезерування завдяки можливості заточування складних фрез		США
1869 – 1871 рр.	Проведення виробничих досліджень залежності сили різання від поперечного перерізу припуску. Вперше показано зменшення питомої сили різання за умови збільшення товщини зрізу (подачі). Результати дослідження опубліковані в 1873 р.	Е.К. Гартіг	Німеччина
1880-ті роки	Початок використання групового електроприводу від одного потужного двигуна постійного струму для металорізальних верстатів у промисловості		Промислово розвинуті держави
1884 р.	Висловлення та обґрунтування гіпотези про наявність у зоні стружкоутворення сил тертя і про значення коефіцієнта тертя під час різання, що має значно перевищувати коефіцієнт тертя в парах деталей машин	П.А. Афанасьєв	Росія
1888 р.	Теоретичне обґрунтування існування двох груп сил, що діють на інструмент у процесі різання: сил на передній поверхні, що виконують стружкоутворення, і сил на різальній крайці, не пов'язаних безпосередньо із стружкоутворенням. Створення теорії побудови чисел обертів шпинделя верстата за геометричною прогресією	А.В. Гадолін	Росія

1	2	3	4
1888 – 1893 рр.	Теоретичне та експериментальне дослідження механіки процесу різання. На основі рівноваги елемента стружки виведено формулу кута зсуву, котра із незначними доповненнями використовується до сьогоднішнього часу. Формула враховує контактні явища на передній поверхні. Опублікування монографії (1893 р.)	К.О. Зворикін	Україна
1896 р.	Розробка першої теорії стружкоутворення з урахуванням зосередження деформацій не в площині, а в клиноподібній об'ємній зоні. Систематизовано термінологію в галузі оброблення матеріалів різанням	А.А. Брікс	Росія
1880 – 1906 рр.	Вперше досліджено вплив на стійкість різця режимів різання (швидкості, подачі та глибини різання), властивостей оброблюваного матеріалу, геометричних параметрів інструменту тощо. Перше дослідження характеру спрацювання різців. Опублікування монографії (1909 р.)	Ф. Тейлор	США
1898 – 1900 рр.	Винайдення складу та способу термічного оброблення швидкорізальної сталі з оптимальним вмістом легуючих елементів: вольфрам – 18%; хром – 5,47%; ванадій – 0,29%; марганець – 0,11%; кремній – 0,043% за умов вмісту вуглецю – 0,67%. Термічне оброблення – нагрівання до температури понад 900 °С з наступним охолодженням у воді. Червоність сталі – 600 °С, допустимі швидкості різання – 13...30 м/хв тобто в 5 разів вищі, ніж ті, що допускає вуглецева інструментальна сталь	Тейлор–Уайт	США
1892– 1910	Вперше досліджено і узагальнено величезний матеріал щодо використання фрези у виробництві в науковому контексті, визначивши роль цього інструменту. Компетентне дослідження історії створення швидкорізальної сталі та обґрунтовано ефективність його використання у виробництві.	В.С. Кнаббе	Україна
Початок ХХ ст.	Початок застосування індивідуального та багатодвигунового електроприводу на базі асинхронних електродвигунів малої потужності для металорізальних верстатів у машинобудуванні		Промислово розвинуті держави Європи, США
1903 – 1904 рр.	Перше дослідження сил різання інструментом із швидкорізальної сталі з метою посилення конструкції металорізальних верстатів. Створення трикомпонентного динамометра-супорта для вимірювання всіх складових сили різання одночасно	Нікольсон	США
1905 – 1910 рр.	Проведення перших досліджень теплових явищ під час оброблення матеріалів різанням за допомогою калориметричного методу. Перше застосування для обробки результатів експериментів досліджень методу найменших квадратів та теорії ймовірностей	М.М. Саввін	Росія
1902 – 1915 рр.	Експериментально-теоретичне дослідження фізики процесу різання матеріалів. Визначення природи наросту та його впливу на стружкоутворення та якість обробленої поверхні. Дослідження явища наклепу(холодного зміцнення) оброблюваного матеріалу й стружки, а також розподілу температур і балансу тепла. Перше застосування в експериментах оптичного мікроскопа, методу металографії, штучної та напівштучної термопар. Опублікування результатів дослідження (1915 р.)	Я.Г. Усачов	Україна– Росія

Отже, наведений матеріал дозволяє визначити наступне:

- становлення та розвиток теорії оброблення матеріалів різанням відбувалися переважно за індуктивним методом, тобто шляхом переходу від окремих часткових фактів (накопичених століттями та тисячоліттями знань) до часткових законів, а від них — до загальних принципів, які перевірялися досвідом і практикою; початковою науковою базою для перших систематичних досліджень у галузі оброблення матеріалів різанням стали положення окремих наук загальнотехнічного спрямування, що отримали певний розвиток у середині XIX століття, зокрема механіки, вчення про тертя, хімії металів та їхніх сполук, металургії, металознавства й термооброблення, а особливо математики з її новим апаратом диференціального та інтегрального обчислення; проте тоді ще недостатніми були за можливостями наукового апарату механіка деформівного твердого тіла, механіка руйнування, теплофізика, а також була нерозвинutoю відповідна база фізико-механічних приладів;

- перше системне дослідження механіки процесу різання матеріалів здійснив у 1868–1869 рр. на машинобудівному заводі в Луганську проф. І.А. Тіме; це дослідження, а також інші перші експериментальні роботи часткового значення середини XIX ст. дають підстави вважати цей період за початок становлення науки про оброблення матеріалів різанням; у наступні 65–70 років було закладено основи механіки, фізики та теплофізики процесу різання, розпочато дослідження стійкості та спрацювання інструменту, а також якості поверхні, обробленої різанням, створено якісно нові інструментальні матеріали, зокрема швидкорізальну сталь, а також комплекс експериментальних методик та приладів для дослідження зони стружкоутворення сил і температур різання; визначними науковцями цього періоду були І.А. Тіме, К.О. Зворикін, В.С. Кнаббе та Я.Г. Усачов, діяльність яких пов'язана з Україною, а також американський учений Ф. Тейлор;

- аналізуючи еволюцію техніки й технології оброблення матеріалів різанням, а також початковий період розвитку науки про різання матеріалів, слід підкреслити зв'язок певних відтінків часу її прискореного розвитку із створенням принципово нових інструментальних матеріалів: бронзи, маловуглецевої сталі, високовуглецевої термозміцненої сталі, легованої інструментальної сталі та швидкорізальної сталі; це дозволяє нам запровадити нову періодизацію розвитку науки про різання матеріалів, яка вказує на першопричину, основи й стимули розвитку наукових досліджень і виробництва та є вільною від суспільно-політичних підходів до періодизації в технічних науках, від яких нерідко зовсім не залежить науково-технічний прогрес.

3.1.4. Формування взаємовпливу складових технологічної системи в обробленні матеріалів різанням

До складу технологічної системи в процесах оброблення матеріалів різанням прийнято включати верстат, пристрій, інструмент і деталь [124]. Однак таке визначення є спрощеним, оскільки дає уявлення лише про складові системи, що перебувають у початковому статичному стані. У той же час відомо, що певне поєднання складових лише тоді набуває ознак системи, коли стає здатним до самоорганізації [125, 126].

Новий напрямок науки, який вивчає закономірності самоорганізації впорядкованих структур різноманітного походження, зосереджуючи увагу на незворотних процесах у термодинамічно невірноважених системах, отримав найменування «синергетика». Цей термін Г. Хакена означає узгоджену, спільну дію. Принципи синергетики, безумовно, можуть бути успішно застосованими під час дослідження технологічної системи, зокрема при визначенні взаємовпливу її складових, і, отже, при вирішенні означеної в цій праці проблеми. Це витікає з методології синергетики, оскільки невірноважена термодинаміка вивчає незворотні процеси, які призводять до зменшення ентропії шляхом самоорганізації впорядкованих або дисипативних структур, що відбувається у відкритих системах, які обмінюються енергією та речовиною з навколишнім середовищем. Для нерівноважних систем характерні біфуркації (роздвоєння), механізм яких досліджував І. Пригожин. Згідно з його висновками, система поблизу точок біфуркації шляхом випадкових флуктуацій обирає один або кілька варіантів подальшого розвитку, втрачаючи стійкість. Чергування стійкості та нестійкості є загальним феноменом в еволюції будь-якої відкритої системи, яку після проходження біфуркації вже неможливо повернути до початкового стану. Будь-яка система (космічна, біологічна, соціальна, політична, технічна тощо), взаємодіючи з іншими системами за законами синергетики, обов'язково має три стадії: швидкого розвитку, тривалого стабільного функціонування, у процесі якого поступово вичерпуються її ресурси, і більш-менш повільного, швидкого чи навіть катастрофічного припинення всього циклу існування.

Виходячи зі сказаного, вважаємо за доцільне внести наступні корективи до наведеного вище класичного визначення технологічної системи й встановити такі її складники: деталь, включаючи її розміри, форму, матеріал заготовки та вимоги щодо точності, шорсткості, експлуатаційних характеристик поверхні та серцевини тощо; власне процес оброблення матеріалів

різанням з особливостями кінематики; інструмент; верстат у поєднанні з необхідними пристроями. Постає далеко не просте питання про ранжування цих складників у системі, оскільки науковці та фахівці, що працюють у кожному із сформованих науково-технічних напрямків (процеси різання матеріалів, машинознавство, металорізальні верстати, різальні інструменти), керуючись корпоративними інтересами, вважають головним саме свій напрямок. Це нерідко завдає шкоди розвитку технологічної системи в цілому. Проаналізуємо проблему в історичному та теперішньому аспектах.

Оскільки та частина матеріалу, що відокремлюється від основи, має певний об'єм, кінематика оброблення різанням повинна мати три наступні характеристики (виміри): головний рух (швидкість різання), рух подачі й ширину зрізання. Поява та розвиток оброблення матеріалів різанням здавна й дотепер визначається потребами людини й людської спільноти в цілому. Виготовлення колеса, зброї, посуду, прикрас, деталей парового двигуна, транспортних засобів, космічної техніки – усе це спонукало розвиток оброблення матеріалів різанням. Отже, первинною та найголовнішою ланкою технологічної системи (ТС) є деталь, експлуатаційні властивості якої визначають надійність і довговічність механізму, агрегату й машини в цілому. Інша справа, що між винаходом деталі та включенням її до ТС через недостатню мотивацію суспільства та низький рівень технологій нерідко проходить значний проміжок часу. Так, цей проміжок між винаходом фрези Леонардо да Вінчі та її застосуванням склав понад 300 років.

Креслення деталі надає повну інформацію про неї, зокрема, про форму з розмірами, властивості поверхні та серцевини, а також матеріал заготовки. Форма й розміри деталі є визначальними для розроблення кінематики процесу різання. Тут доцільно зазначити, що, оскільки цей взаємозв'язок є сталим протягом останніх років, то навряд чи можна очікувати найближчим часом суттєвих змін у цьому напрямку. Справді, після переходу до машинної індустрії наприкінці XVIII ст., протягом XIX ст. і початку XX ст. практично повністю сформувалися основні класи машин, які використовуються й тепер – автомобілі, верстати, літаки, кораблі тощо з їх типовими деталями – колінчастими й розподільчими валами, гільзами, блоками, зубчастими колесами, лопатками турбін, кузовами, корпусами і т.д. Це викликало бурхливий розвиток кінематики процесів різання, в результаті чого до класичних точіння та свердління протягом згаданих 100–120 років додалися фрезерування, шліфування, протягування. Розробленням останнього факти-

чно завершився синтез кінематичних схем процесів різання [117].

У той же час і сьогодні продовжує бурхливо розвиватися матеріалознавча складова технологічної системи, де постійно конкурують вже протягом кількох тисячоліть конструкційний та інструментальний матеріали. Досить повне уявлення про хронологію основних подій в їх створенні дає інформація, яку наведено в таблицях 2.1 і 3.1.

Еволюція конструкційних матеріалів до кінця XVIII ст. відбувалася за схемою: природні матеріали (дерево, кістки тварин, камінь, самородна мідь, олово) – перші штучні матеріали (кераміка з відпаленої глини, бронза, криця, що зміцнювалася наклепом та цементацією) – перший чавун, який у XIV ст. було отримано в найпростіших вертикальних доменних печах з дуттям від міхів, що приводилися в дію від водяного колеса – перша середньо- та високowęглицева сталь, технологія якої полягала в сумісному плавленні чавуну та кричної сталі. Перехід до машинної індустрії наприкінці XVIII ст., знаковою подією якого було створення універсального парового двигуна Джеймсом Уаттом, поставив нові жорсткі вимоги до конструкційних матеріалів і, у першу чергу, до залізowęглицевих сплавів. Тому еволюція цих матеріалів у XVIII і XIX ст. відзначилася такими важливими технічними рішеннями: відкриттям вуглецю як елемента, що визначає властивості сталі; винайденням способів масового виробництва якісної тигельної, конверторної та мартенівської сталі; відкриттям фазових перетворень у сталі та чавуні як основи термооброблення; розроблення перших технологій легованої сталі.

В історичному контексті різальний інструмент був першою штучно створеною складовою технологічної системи.

Сучасні тенденції розвитку інструментальних матеріалів, крім створення нових композитів, передбачають підвищення їх експлуатаційних властивостей методами інженерії поверхні (модифікуванням, нанесенням покриттів, зокрема дискретних, створенням регулярних рельєфів, а також гібридними технологіями) [127, 128].

Що стосується типів інструментів, найдавнішими з яких є різець і перове свердло, то на середину XIX ст. було відомо кілька видів токарних і стругальних різців, плашки й мітчики, багаторізцеві розточувальні голівки, абразивні круги, а також принципово нові на той час інструменти – фреза та спіральне свердло. У другій половині XIX ст. створюються зенкери, розвертки, затиловані фасонні фрези для нарізання зубчастих коліс. На межі XIX – XX століть у виробництво впроваджуються досить складні в синтезі та ви-

готовленні черв'ячні фрези, зуборізні довбачі, гребінки. У 20-і роки ХХ ст. було створено протяжку й низку комбінованих інструментів, що дозволяє поєднувати різні операції [28]. На цьому, очевидно, можливості винайдення принципово нових типів інструменту вичерпались, як вичерпались і можливості створення нових за кінематикою процесів різання. Ці два фактори, без сумніву, тісно пов'язані між собою.

Ще однією складовою технологічної системи є металорізальний верстат. Що стосується його приводу, то в 1765–1784 рр. Уатт створив універсальний паровий двигун, що був рушієм металорізальних верстатів протягом наступних ста років, поки в 1880-і роки його не витіснив груповий електропривод від двигуна постійного струму. Однак на початку ХХ ст. було започатковано застосування індивідуального та багатодвигунового електроприводу верстатів на базі більш надійних та невибагливих електродвигунів малої та середньої потужності, головним чином, асинхронних, що працюють на змінному струмі.

Підсумовуючи сказане, доходимо до наступних висновків. У технологічній системі домінантою є деталь (рис. 3.9). Через свою форму, розміри, властивості поверхні та матеріал вона впливає на кінематику та фізику різання, що включає й режими процесу. При цьому взаємовплив «деталь–процес» можна вважати таким, що вже стабілізувався. Ланцюжком деякого зворотного зв'язку, тобто самоорганізації ТС, тут є вплив фізики процесу на фізико-механічні та геометричні властивості поверхні деталі. Другою за значимістю складовою ТС є різальний інструмент (РІ). Його прямі зв'язки з деталлю полягають у впливові форми та розмірів останньої на тип інструмента та впливові конструкційного матеріалу (КМ) на інструментальний (ІМ). Останній зв'язок є також зворотнім і дуже потужним, оскільки, як було показано вище, на сьогодні матеріалознавство інтенсивно розвивається. Геометричні параметри РІ та ІМ впливають на фізику процесу різання через контактні явища й отримують зворотній вплив через зношування та стійкість РІ. Надзвичайно сильно інструмент впливає через ІМ та фізику процесу різання на верстат, що видно із таких прикладів. Застосування інструментів зі швидкорізальної сталі на початку ХХ ст. дозволило у 3–5 разів підвищити швидкість різання, що не могло не вплинути на конструкцію верстата і процес різання. Як зазначалося вище, вже через 3 роки після винайдення швидкорізальної сталі Нікольсон (США) досліджував за допомогою спеціально створеного трикомпонентного динамометра-супорта складові

сили різання інструментом з нового ІМ з метою посилення конструкції токарного верстата [123]. Таким чином, завдяки швидкорізальній сталі верстати стали більш швидкохідними, жорсткими та масивними.

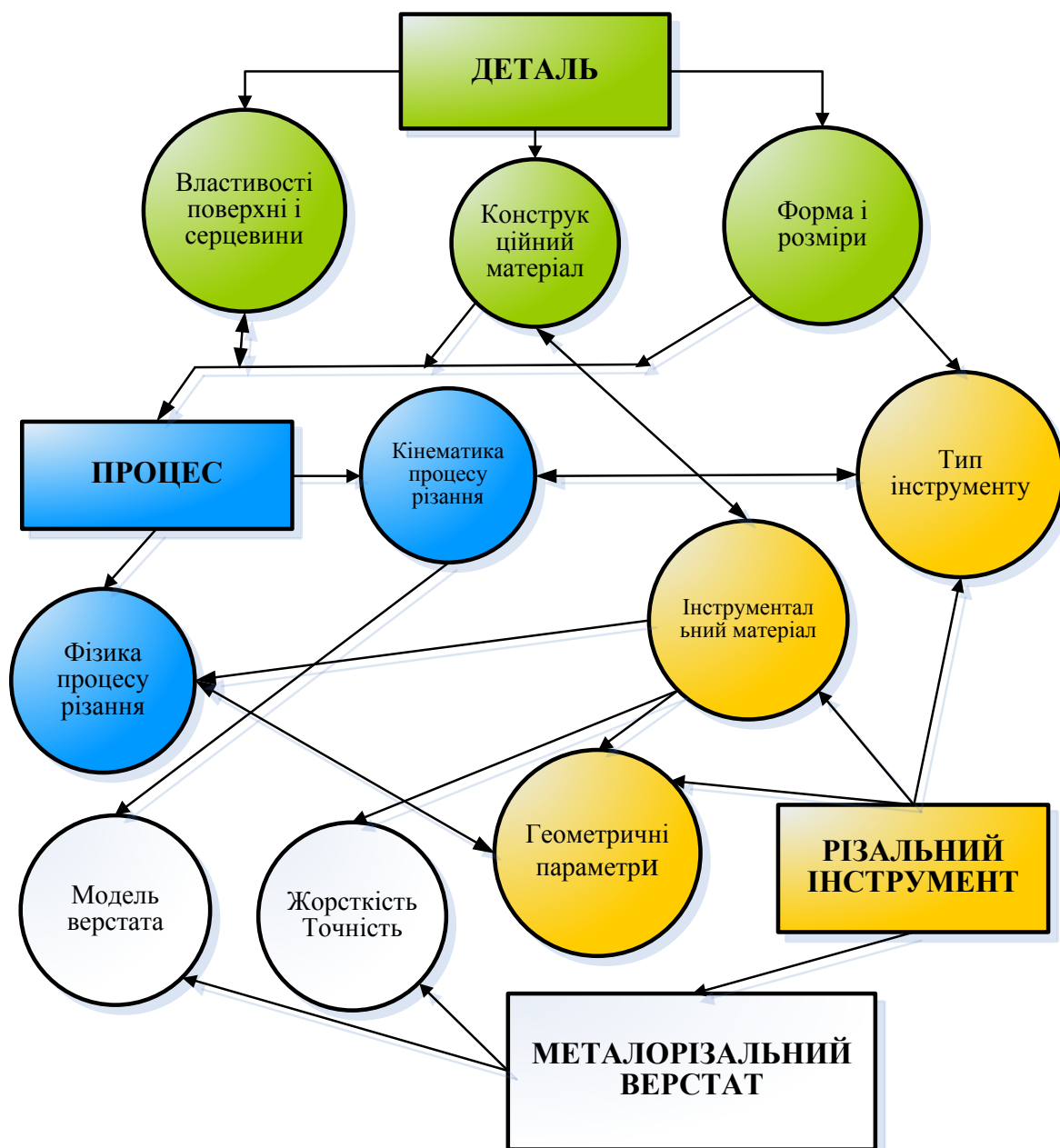


Рисунок 3.9 – Схема взаємовпливу складових технологічної системи в обробленні матеріалів різанням

Отже, ранжування складових технологічної системи в обробленні матеріалів різанням у контексті сильного прямого впливу слід уважати таким: деталь–інструмент–процес–верстат. При цьому від час взаємодії окремих компонентів складових ТС прослідковуються й дещо слабші зворотні зв'язки. Для ефективного розвитку ТС її слід синтезувати та досліджувати лише у взаємозв'язку складників [129].

3.1.5. Вчення про процеси різання матеріалів у системі інженерної освіти

Педагог та організатор вищої технічної освіти, перший директор ХПТІ Віктор Львович Кирпичов (1845 – 1913 рр.) (рис. 3.10) вважав основним завданням вищої технічної освіти «підготовку інженерів, тобто людей, здатних до творчої діяльності, які вміють винаходити й створювати щось нове, а не тільки рутинно копіювати старовину» [130]. Вищі технічні навчальні заклади наприкінці ХІХ – на початку ХХ ст. у межах певної автономії мали можливість самостійно формувати навчальний план і навчальні курси, що сприяло індивідуалізації підготовки й формуванню спрямованості випускників того чи іншого інституту.

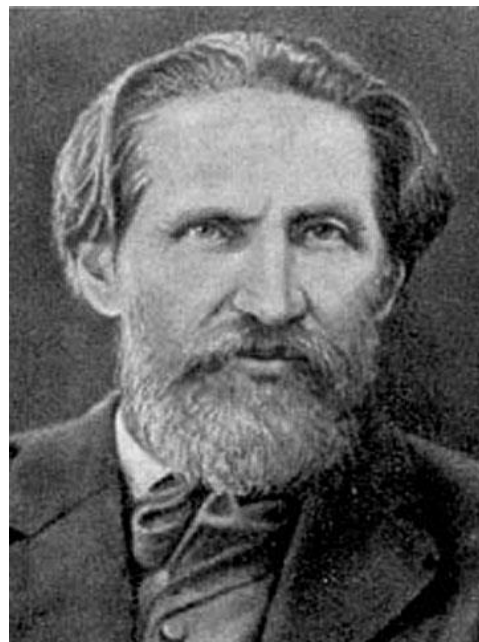


Рисунок 3.10 – В.Л. Кирпичов

Основою навчання в ХПТІ стали лекції, бо як зазначав учений: «Поки живе людство, не замовкне і живе слово і передання ним положень науки» [131, с. 8; 131, с.132]. Лекційні заняття, в основному, проводилися в перші шість семестрів, а сьомий і восьмий семестри присвячувалися, головним чином, проектуванню й глибокому вивченню спеціальних курсів. Для цього до інституту були запрошені вчені-фахівці з певних галузей науки і техніки, серед яких К.О. Зворикін і В.С. Кнаббе.

Фундаментом підготовки інженерних кадрів були курси циклу механічної технології, які стали основою для формування в подальшому навчальних дисциплін «різання матеріалів», «проектування та виготовлення різальних інструментів», «металорізальні верстати», «технологія металів», «технологія машинобудування» та ін., які сьогодні є базовими в підготовці фахівців зі спеціальностей «технологія машинобудування» і «металорізальні верстати та інструменти». Механічна технологія як дисципліна вважалася загальноінженерною і тому викладалася на всіх спеціальностях обох відділень ХПТІ: механічному й хімічному.

Формуванням курсу механічної технології здійснювали К.О. Зворикін і В.С. Кнаббе. При цьому коло питань, які він охоплював у початковому ви-

гляді, можна визначити з літографії «Курс механической технологии, читанный инженером-технологом В. Кнаббе на IV курсе ХТИ в 1888/89 уч.г.» [133]. Перша частина дисципліни знайомила студентів з «формуванням металів, заснованому на їх плавкості», тобто з ливарною справою. Друга частина курсу мала два розділи й присвячувалася механічному обробленню металів, яке визначалося як процес, що ґрунтується на ділимості металів і надає заготовкам, які отримані ковкою, прокатом чи відливанням «більш точних розмірів, більш правильних обрисів і більш гладкої поверхні». У першому розділі розглядається будова «металообделочних» верстатів, причому їх поділено на групи залежно від «характерних вузлів і способу розподілу в них робочого руху», що спрощує класифікацію верстатів і дає можливість розглядати механічне обладнання системно. У другому розділі подані типи різальних інструментів, які використовуються під час роботи на верстатах. Цей курс був складений відповідно до навчальної програми, характерною особливістю якої був історичний підхід до викладання того чи іншого розділу. Обов'язково здійснювався порівняльний огляд розвитку справи в Росії та Західній Європі [134, с. 204 – 207]. З цією метою використовувалися результати закордонних відряджень автора й наукові праці вітчизняних вчених і науковців Європи й Америки, що присвячувалися певним галузям науки і техніки [135, с. 176]. Прикладом такого підходу слугує побудова розділу «металообделочних» інструментів дисципліни «механічна технологія». Матеріал у ньому подавався на базі досліджень Жосселя, І.А. Тіме, Е.К. Гартіга, А.В. Гадоліна, К.О. Зворикіна [136, с. 58 – 59]. За подібними принципами будовався й предмет «технологія дерева», який викладав К.О. Зворикін. У 1896 р. ним був виданий курс лекцій з цього предмету, що характеризувався системним підходом до викладання матеріалу: від будови деревини та її хімічного складу до процесів перероблення. Описувалися також типові деревообробні різальні інструменти й верстати, надавався розрахунковий матеріал для проектування сушил, визначення швидкості різання та подачі, а також матеріал щодо обладнання деревопереробних заводів [137].

Навчальні програми поступово розширювалися, змінювалися й доповнювалися матеріалами дослідницьких праць викладачів. Це дало можливість поділити в 1906 р. курс механічної технології на дві самостійні дисципліни: «металообделочні верстати й інструменти» та «механічна технологія металів». До складу останньої увійшов курс із технології металів. В обох дисциплінах зберігся основний принцип їх побудови на базі історичного й

системного підходів до викладання матеріалу. Тому механічна технологія металів, яка викладалася три години на тиждень у 5 та 6 семестрах, починалася з нарису виникнення й розвитку виробництва заліза з найдавніших часів та історії відкриття й розповсюдження кольорових металів з порівняльними статистичними даними. На IV курсі два семестри по дві години на тиждень студенти слухали курс металообделочних верстатів та інструментів, який, крім іншого, висвітлював походження інструменту, його значення «у справі культури людства й наукового технічного дослідження, а також політико-економічне значення верстатів» [135, с. 175 – 176].

Теоретичні основи механіки та динаміки процесу різання металів, які необхідні для конструювання металорізального обладнання, викладалися на базі монографії К.О. Зворикіна «Работа и усилие, необходимые для отделения металлических стружек».

Для правильного проектування механічних заводів і вибору обладнання використовувалися праці В.С. Кнаббе «Машины-орудия для холодной обработки металлов» і «Современное оборудование машиностроительных заводов и железнодорожных мастерских», у яких «вперше матеріал викладався системно, так, щоб у читача складалося чітке уявлення не про окремі верстати, а про всі машини в цілому», – такий відгук отримали ці праці від П.М. Мухачова [138, с. 94 – 95].

Монографія В.С. Кнаббе «Фреза и ее роль в современном машиностроении» знайомила з новим інструментом і фрезерними верстатами та давала глибокий економічний аналіз можливості застосування нового виду оброблення [122, с. 59–60]. Для кращого засвоювання лекційного матеріалу використовувалися експонати музею, які постійно поповнювалися. Для цього В.С. Кнаббе, перебуваючи у відрядженнях за кордоном, зібрав колекцію стружок із швидкорізальної сталі та зразки виробів із спеціальних сталей.

Порівнюючи програми курсів технології металів і механічної технології металів, підкреслимо, що останній було значно розширено й доповнено на базі праць «Чугунолитейное дело», «Литейное дело», «Кузнечное дело», «Проволочное производство», які вийшли в 1900–1901 рр. Глибокі знання з технології металів надавав підручник «Механическая технология металлов» з окремим атласом із 30 таблиць. Спираючись на праці Д.К. Чернова (1839 – 1921 рр.) (рис. 3.11), Осмонда і Верта, В.С. Кнаббе подав методи та приклади дослідження структури металу, що було важливо для спеціалізації з металографії [139, с. 442 – 443].

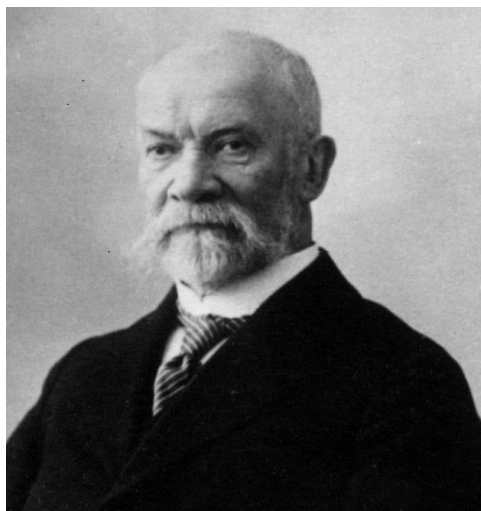


Рисунок 3.11 – Д.К. Чернов і пам'ятник на його могилі на Полікуровському кладовищі, м. Ялта

Крім теоретичної підготовки, спеціальними курсами були передбачені практичні заняття в лабораторіях інституту. Так, під керівництвом Вадима Ерастовича Тіра (1869 – 1926 рр.) (рис. 3.12), який викладав загально-інженерний курс технології металів, студенти спочатку виконували слюсарні роботи в механічних майстернях, а потім знайомилися з верстатами та виконували складальні роботи. Вони збирали на вибір водопровідну заслінку, паровий вентиль, паралельні або слюсарні лещата, супорт або бабку токарного верстата, або навіть найпростіші стругальні верстати [140, с. 181]. Отже, у майстернях студенти отримували можливість вивчити весь технологічний процес виготовлення вузла чи верстата, включаючи збирання та наладку¹.



Рисунок 3.12 – В.Е. Тір

Після набуття в майстернях елементарних виробничих навичків, студенти проходили практику на заводах і фабриках Києва, Харкова, Луганська, Миколаєва, Одеси, де знайомилися з промисловим виробництвом. Виробнича практика такого змісту, яку запровадив В.Л. Кирпичов, була особливістю вітчизняних вищих технічних закладів [141, с. 43 – 45].

Інженерна освіта в ХТІ завершувалася виконанням дипломного проекту, напрямком якого вибирався студентами самостійно, залежно від потреб

¹ Державний архів Харківської області (ДАХО), Ф-770, оп.1, спр. 14, арк. 57–59

промисловості регіону. Бурхливий розвиток наприкінці XIX ст. транспортно-го машинобудування й початок виробництва паровозів на Харківському паровозобудівному заводі в 1897 р. і на Луганському паровозобудівному заводі Гартмана в 1900 р., сприяли збільшенню кількості проектів у цьому напрямку (див. табл. 3.4) [142, с. 95]. Так, на механічному відділенні майже 50% студентів виконували проекти, пов'язані з паровозами й паровими котлами.

Таблиця 3.4. – Розподіл студентських дипломних проектів за напрямками²

	Навчальний рік	1889/90	1890/91	1891/92	1892/93	1893/94
Напрямки дипломних проектів	Проектування паровозів	0	0	12	13	12
	Проектування механічних заводів	6	9	1	8	6

Проектування парових котлів студенти виконували під керівництвом К.О. Зворикіна [143, с. 120]. Проектами з механічного обладнання металургійних, прокатних і сталеплавильних заводів керували В.С. Кнаббе, П.М. Мухачов, Г.А. Латишев³.

На основі аналізу архівних джерел встановлено, що після В.С. Кнаббе до викладання курсу механічної технології залучалися: В.Е. Тір, який у 1914–1922 рр. викладає загальний курс технології металів, а з 1922 р. – О.В. Панкін, який на прохання декана механічного факультету Г.Ф. Проскури, одночасно читає лекції з цього предмету й технології точного оброблення, а також веде спецкурс випробування верстатів; А.І. Троїцький читає курс металорізальних верстатів та інструменту до 1928 р. і до 1922 р. – технологію дерева; потім останній предмет доручають викладати В.Д. Долгову⁴. З 1921 р. із курсу механічної технології виокремлюється холодне оброблення металів, яке читає Д.С. Катков. З 1923 р. цей предмет називається «Оброблення металів різанням», який спочатку викладає В.М. Матросов, а з 1928 р. – Н.Й. Резніков, якого запросили до інституту за рекомендацією О.В. Панкіна, що знав останнього за спільною роботою в Катеринославському політехнічному інституті. Н.Й. Резнікову було також доручено керівництво проектуванням трансмісій і дипломним проектуванням з холодного оброблення металів⁵. Подальший розвиток курсу й спеціа-

² ДАХО, Р-1682, оп.2, од.зб.210, арк.40а.

³ ДАХО, Ф. Р-1682, оп 2, спр. 210, арк. 83, 184.

⁴ ДАХО, Ф. Р-1682, оп. 2, спр. 321, арк. 159; спр. 146, арк. 80, 122; спр. 233а, арк. 1, 6, 9.

⁵ Архів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Ф. Р-1682, спр. 10135, арк. 27

льності здійснювався ним особисто. Вже як декан технологічного факультету, створеного у вересні 1929 р., Н.Й. Рєзніков керує підготовкою спеціалістів за трьома напрямками: холодне оброблення металів, фасополіття (тобто фасонне лиття) і гаряче оброблення металів⁶.

Підготовка фахівців за спеціальністю «Холодне оброблення металів» відбувається на базі курсів «інструментальна справа й термічне оброблення» та «основи масового виробництва», програма яких передбачала вивчення всіх наявних типів інструментів, технології їх виготовлення й термозміцнення. Теоретичні заняття поєднувалися з лабораторними роботами, де студенти вивчали заточування інструментів і вплив різних їх методів зміцнення на стійкість. Предмет «Основи масового виробництва» передбачав вивчення основ системи допусків і підгонок, розрахунки пристроїв, планування технологічних процесів і будівництва цехів. У подальшому цей курс трансформувався в «технологію інструментального виробництва й проектування інструментальних цехів», який з 1938 р. викладав доц. М.Ф. Семко. На молодших курсах студенти виконують практичні роботи в механічних майстернях та лабораторні заняття з технології металів, на яких здійснюють розрахунки швидкостей різання залежно від сил різання та подач, досліджують стійкість інструмента й визначають оптимальні умови оброблення на різних типах верстатів, користуючись лінійкою Д.С. Каткова [144, с. 6].

Вимоги виробництва спонукають Н.Й. Рєзнікова розпочати в ХММІ в середині 30-х рр. викладання курсу «Вчення про різання металів» як самостійної дисципліни, а незабаром – також самостійного курсу «Проектування і виробництво різального інструменту». З кінця 30-х років на механіко-технологічному факультеті готують фахівців за спеціальністю «Верстати, інструменти та механічне оброблення металів», яка в значно поліпшеному вигляді існує й зараз.

Прагнення бачити майбутніх інженерів не тільки фахівцями певної галузі науки і техніки, але й організаторами та керівниками виробництва, завжди спонукало керівництво ВНЗ запроваджувати особливі дисципліни. Так, якщо в 1897 р. це були курси фабричної гігієни і політичної економії, то наприкінці ХХ ст. – менеджмент і маркетинг технологічних інновацій та ін. [132, с. 29].

Інтеграція досягнень науки і технологій з освітою дають змогу не лише модернізувати зміст, а й методи здобуття освіти [145, с. 107].

Отже, можна стверджувати, що підготовка інженерних кадрів у ХТІ

⁶ ДАХО, Ф. Р-1682, оп. 1, спр. 222, арк. 106; спр. 279, арк. 20; оп. 2, спр. 398, арк. 7.

спиралась на комплексну систему навчання. Вона поєднує глибоку теоретичну підготовку з ґрунтовним практичним вивченням основ машинної та ручної праці; навчання на базі наукового експерименту; вивчення й застосування обчислювальної техніки; екологічну та економічну підготовку; знайомство з реальним виробництвом шляхом проходження змістовної практики; формування самостійності, творчого підходу до прийняття рішень, а також синтезує в собі фундаментальну, прикладну, конструкторську, технологічну, екологічну, економічну, обчислювальну й гуманітарну складові, що забезпечує випуск висококваліфікованих фахівців як для виробництва, так і для наукових закладів.

3.2. Електротехнічна наука, промисловість і освіта, як складові розвитку галузі

3.2.1. Формування теоретичних основ електротехніки в ХІХ ст.

Теоретична база електротехнічної галузі формувалася у взаємозв'язку з розвитком техніки. Техніка водночас стає і передумовою, і наслідком науки. Передумовою – тому, що розширення й поглиблення теоретичних наукових досліджень відбувається під впливом удосконалення приладів та інструментів. Наслідком природознавства – тому, що технічне використання природничих сил є можливим лише за умови знання законів науки. Розглядаючи зв'язок між електротехнікою та фізикою, можна вважати, що



теоретичною базою інженерної діяльності в галузі електротехніки стають наукові фізичні знання про явища, які є в основі роботи електротехнічних пристроїв. Відкриття в фізиці електричних і магнітних явищ створили нові можливості для впровадження технічних реалізацій, таких, як телеграф, освітлення, електродвигуни тощо. Вивчення нових напрямів прикладної фізики і сформувало галузі відповідних технічних дисциплін. Практична діяльність фахівця-електрика базується на рівняннях Дж. Максвелла

Рисунок 3.13 – Джеймс Максвелл (рис. 3.13) [146, с. 227].

Наукові основи електротехніки почали складатися з 1785 р., коли

Ш. Кулон, спираючись на результати дослідів, сформулював фундаментальний закон електростатики – закон взаємодії електричних зарядів. Цим законом було розпочато кількісне вивчення електричних явищ.

Особливістю означеного періоду є численні спроби застосування електрики в медицині. Ці спроби супроводжувалися дослідженням дії електрики на живі організми. Наслідком спостережень фізіолога Л. Гальвані стало відкриття «тваринної» електрики. Основні положення цієї теорії дослідник сформулював у трактаті «Про електричну силу в м'язах», де помилково висловив гіпотезу, що джерелом електрики слугує досліджувана їм жаба. Фізиком А. Вольта було доведено необґрунтованість цієї теорії. Він зазначив, що джерелом струму є контакт різних металів, а організм тварини лише індикатор струму. Відкриття контактної ЕРС (електрорушійна сила) дозволило йому створити гальванічні джерела електричного струму [147, с. 10].

Після створення в 1800 р. першого джерела електричного струму («вольтів стовп»), гальванічних елементів, приладів для вивчення електролізу, термоелектричних і магнітних явищ починаються активні дослідження електричного струму, його магнітних, хімічних, теплових, світлових властивостей. За короткий термін було встановлено основний закон електричного кола – Г. С. Ом (1820 р.); зв'язок між магнітними й електричними явищами, тобто вплив електричного поля на магнітну стрілку – Х. К. Ерстед; закон взаємодії електричних струмів – А. Ампер (1820 р.); закон дії струму на магніт – Ж. Б. Біо, Ф. Савар (1820 р.); закон електролізу – М. Фарадей (1833–1834 рр.); закон теплової дії струму – Д. П. Джоуль (1841 р.), Е. Х. Ленц (1842 р.).

Результати цих досліджень заклали фундамент електродинаміки та дозволили виявити електричну природу магнетизму [148].

Важливим кроком у розвитку електротехнічної науки стало відкриття М. Фарадеєм (рис. 3.14) у 1831 р. явища електромагнітної індукції: будь-яке змінення магнітного потоку через виток проводу, незалежно від причини цього змінення, викликає у витку електрорушійну силу.

М. Фарадей ставить перед собою завдання експериментальної перевірки

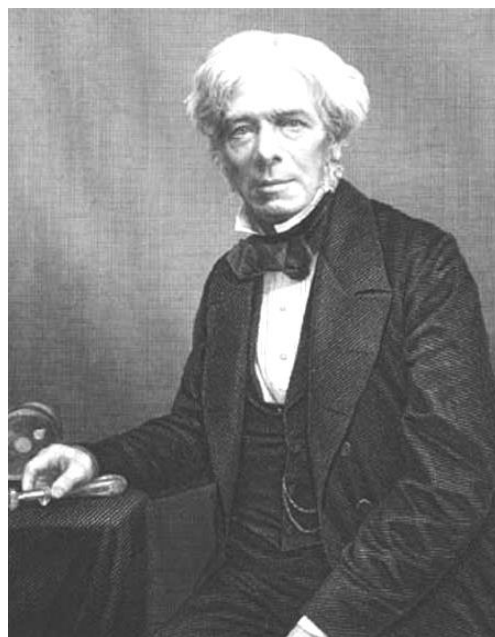


Рисунок 3.14 – Майкл Фарадей

ідей Декарта – принципу збереження енергії. Результатом стали два фундаментальних узагальнення: закон індукції та закон взаємодії магнетизму й світла.

Відкриття М. Фарадея показало, що для розуміння електромагнітних явищ, які відбуваються за наявності змінних струмів і магнітів, що рухаються, класичного підходу недостатньо й потрібні нові фізичні концепції. Ними стали концепції електричного та магнітного поля. Підкреслимо, що ці поняття існували і в електростатиці, і в магнітостатиці попереднього періоду, але вони мали формальний характер і визначали силу, яка діє на одиничний заряд. Ця гіпотеза М. Фарадея стала основою для створення теорії електромагнітного поля.

Усі відомі теоретичні роботи щодо питань електричних і магнітних явищ попередніх дослідників узагальнив Дж. К. Максвелл. Його працями завершилося створення теорії електромагнітного поля. У 1864 р. Дж. Максвелл вперше опублікував повну систему рівнянь електромагнітного поля, яка об'єднала відомі раніше співвідношення. Отже, Дж. Максвелл узагальнив відомі закономірності, такі як, закон електромагнітної індукції, закон Кулона, закон збереження заряду (закон Ампера). Проте в рівняннях Максвелла принцип далекодії, що допускався в законі Кулона, замінився на принцип близькодії. Згідно з Максвеллом у взаємодії між зарядами обов'язково бере участь електромагнітне поле. А от у законі Ампера Дж. Максвелл знайшов протиріччя – закон не діяв в колах змінного струму. Дж. Максвелл увів до рівняння доданок, що враховував струм зміщення [149].

Формування законів у диференціальній формі привело Дж. Максвелла до фізичної картини, де електричне поле має джерела двох видів – електричні заряди й змінне магнітне поле. Заряди створюють потенційне електричне поле, змінне магнітне поле є джерелом вихрового електричного поля, магнітне поле створюють струми, які проходять у провідниках. Тобто причиною виникнення магнітного поля може слугувати не тільки струм провідності, але й змінення електричного поля, що викликає струм зміщення. Ця нова ідея Дж. Максвелла, яка була одержана теоретичним шляхом, дала можливість поєднати електричне й магнітне поле в новий клас явищ – електромагнітні хвилі. Отже, найважливішим досягненням учених XVII ст. стало відокремлення електричних і магнітних явищ. А для дослідників XIX ст. досягненням стало їх поєднання. Це підтверджує модель розвитку науки за

спіраллю, точніше за фракталом (деревоподібній структурі, яка має точки вибору, ділянку подібності та нецілу топологічну вимірність).

Безумовно, головним надбанням електродинаміки Дж. Максвелла було ствердження про існування електромагнітного поля. Електромагнітні хвилі – це електромагнітне поле, що поширюється зі швидкістю світла. Це відкриття було експериментально підтверджено Г. Герцем 1888 р. Завдяки дослідженням з вимірювання тиску світла П. М. Лебедева з'явилися докази, що електромагнітне поле має енергію.

Подальші напрями розвитку електродинаміки розвинули у своїх працях Г. Герц, О. Хевісайд і Х. Лоренц. Так, 1875 р. Х. Лоренц доповнив теорію Дж. Максвелла, додавши електродинаміку тіл, що рухаються, шляхом синтезу теорії електромагнітного поля й атомістики, тобто сформулював електронну теорію. Згідно з Х. Лоренцом атоми електрики (сьогодні електрони) або зв'язані з важкими атомами речовин і тоді разом з останніми утворюють йони, або вільно рухаються [151].

Фундаментальне значення для розвитку електродинаміки мали роботи з експериментального обґрунтування теорії електромагнітного поля М. М. Шиллера (рис. 3.15), директора ХТІ впродовж 1903–1905 рр. Його праці з теорії електромагнітного поля та його експериментального підтвердження, а також дослідного вивчення електричних коливань заслуговують на увагу. 1874 р. він розробив метод визначення діелектричної проникності в змінних полях. Спираючись на результати експериментальних досліджень, перевірів співвідношення Дж. Максвелла й експериментально підтвердив гіпотезу про існування струмів зміщення. М. М. Шиллер першим з вітчизняних фізиків повторив досліди Г. Герца з одержання електромагнітних хвиль. У 1875 році він здійснив низку дослідів з метою виявлення дії на магнітну стрілку струму зміщення в рідкому діелектрику та її порівняння з аналогічною дією струму провідності в металічному провіднику. Саме ці досліди забезпечили перше пряме експериментальне доведення еквівалентності струму провідності та струму зміщення.



Рисунок 3.15 – М. М. Шиллер

Наприкінці XIX ст. з'явився новий теоретичний напрям, пов'язаний з дослідженнями процесів у пристроях, які працюють на змінному струмі: машинах змінного струму, трансформаторах, вимірювальних приладах. Аналізуючи публікації журналу «Електрика» кінця XIX ст., можна стверджувати, що підґрунтям створення теорії змінних струмів були роботи М. О. Доліво-Добровольского, С. Томсону, А. Кенелліа, Дж. Блемінга. Результатом досліджень стало визначення теоретичних положень: закон Ома для кіл змінного струму, поняття індуктивного опору, пояснення явища електричного резонансу в колах змінного струму [152].

Суттєвий вплив на формування окремих розділів теоретичних засад електротехніки мали теоретичні праці І. Пулюя (рис. 3.16) з електродинаміки змінних струмів. Ці праці загального характеру, присвячені явищам електромагнітної індукції та самоіндукції, стали важливими теоретичними положеннями під час розроблення генераторів струму, трансформаторів, електровимірювальних приладів. Аналітичні праці другої групи, присвячені аналізу роботи однофазних та трифазних генераторів змінного струму та розрахунків лінійних кіл, мали значний вплив на формування теоретичних основ електротехніки [153].

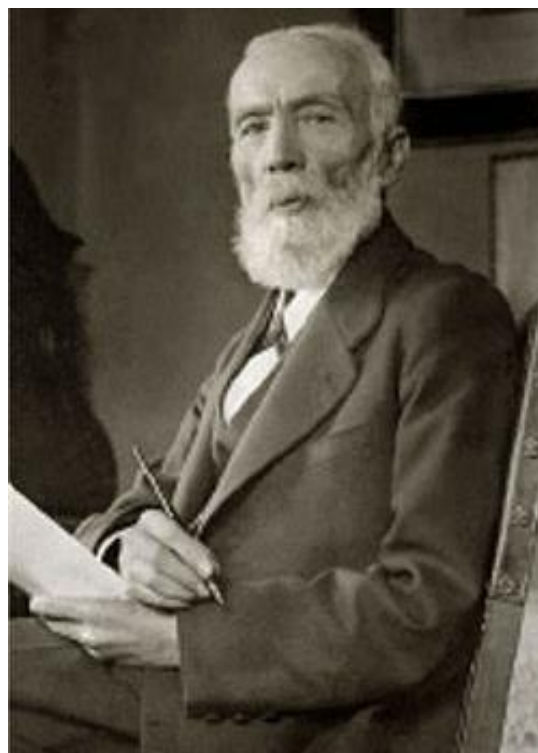


Рисунок 3.16 – І.П. Пулюй

Систематичні теоретичні дослідження динамомашин постійного струму були розпочаті Дж. Гопкінсом у 1879 р. Він запропонував графічну форму для вираження залежності між електрозбуджувальною силою й силою струму в зовнішньому колі за постійної частоти обертання. Його праці разом з працями Г. Каппа, І. Фреліха з розрахунків магнітного кола, Б. Пуля з проектування динамомашин, Е. Арнольда з теорії обмоток машин постійного струму склали підґрунтя сучасної теорії машин постійного струму. Дослідження О. Г. Столєтова магнітної проникності заліза й сталі та запропонований ним метод її вимірювання стали базою для розрахунків і проектування електричних машин. Своїми працями він започаткував широке дослідження властивостей феромагнітних тіл як однієї з необхідних умов ство-

рення високопотужних електродвигунів. Подальшого розвитку теорія динамомашин набула в працях М. Депре. Він розвинув методики попередників, обґрунтував перевагу графічного методу аналізу електромагнітних процесів у електромашині, можливість одержання постійної напруги від машини зі змішаним збудженням, запропонував використовувати результати даних досліджень і для вирішення проблем передавання енергії на відстань. Спираючись на дослідження академіка Маскара, М. Депре підтвердив, що у формулі $\eta = \frac{E_1}{E_2}$ (де E_1 – ЕРС генератору, E_2 – противо-ЕРС двигуна) ККД

не залежить від опору з'єднувальних дротів, але теоретично це не обґрунтував [154].

Незалежно від М. Депре російський учений Д. О. Лачінов досліджував електромагнітні процеси в електричних машинах, а також електропередавання на відстань. Його публікація «Електромеханічна робота» є однією з перших теоретичних робіт з теорії електричних машин постійного струму, в якій були закладені наукові основи теорії електроприводу і вперше сформульовані положення теорії електропередавання. У результаті теоретичного аналізу процесів у електричному колі, до якого входили генератор, лінія передавання та приймач (електродвигун), учений відкрив основний закон електропередавання, яким встановлювалася кількісна залежність між напругою й опором лінії передавання [152, с. 26].

Отже, можна вважати, що в цей період було закладено базу для подальшого розвитку електротехнічної галузі. Відбулися перші спроби розробити наукові основи електротехніки. Відкриття М. Фарадея та їх математичне оформлення Дж. Максвеллом пояснили широке коло явищ і визначили новий напрям у розвитку наукових основ електротехніки. Для подальшого розвитку електротехніки стають необхідними більш глибокі теоретичні дослідження, які були здійснені в роботах видатних учених. Наприкінці XIX ст. сформувалися основні положення теорії електропередавання, електричних мереж, електромашин постійного струму, теорії змінних струмів, що сприяло бурхливому розвитку промисловості на початку XX ст. Створена теоретична база стала передумовою для розвитку промисловості.

Усе сказане доцільно систематизувати й подати у вигляді хронології основних етапів розвитку знань про електрику й магнетизм (див. табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Розвиток науки про електрику в XIX ст.

Етапи	Характеристика етапу	Основні події, які відбувалися в досліджуваній період
1	2	3
Створення фундаменту для розвитку електротехнічної науки 1800–1830 рр.	Відкриття електричного струму, численні досліді практичного застосування електрики	1800 р. – перше джерело постійного струму («вольтів стовп»), А. Вольта
		1802 р. – електрична дуга, В. В. Петров
		1820 р. – закон взаємодії електричних струмів, А. Ампер
		1826 р. – основний закон електричного кола, Г. Ом
		1830 р. – основна теорема електростатики, К. Гаусс
Становлення наукових основ електротехніки 1831–1870 рр.	Використання накопичених знань з фізики для вирішення електротехнічних завдань, формування теоретичної бази, зародження нових напрямів електротехніки: електрозв'язок, електромашинобудування, електричне освітлення, електрометалургія, гальванопластика	1831 р. – явище електромагнітної індукції, М. Фарадей
		1832 р. – створення першої конструкції електромагнітного телеграфу, П. Л. Шиллінг
		1834 р. – винахід електродвигуна постійного струму, Б. С. Якобі
		1837 р. – виникнення гальванопластики, Б. С. Якобі;
		1845 р. – відкриття закономірностей розподілу електричного струму в розгалуженому колі, Г. Кірхгоф
		1860 р. – теорія електромагнітного поля, Дж. Максвелл
		1861 р. – створення міжнародного комітету з питань розроблення еталонів
Формування електротехніки як самостійної галузі техніки 1870–1890 рр.	Широкий розвиток електрифікації і електропромисловості, створення промислових трансформаторів, асинхронних двигунів, початок розвитку електричної тяги	1869 р. – диференційний регулятор для дугових ламп, В. М. Чиколев
		1870 р. – трансформатор змінного струму, І. Ф. Усигін
		1872 р. – винахід електричної лампочки, О. М. Лодигін
		1872 р. – дослідження магнітних властивостей заліза, О. Г. Столетов
		1873 р. – винахід сучасної лампи розжарювання, О. М. Лодигін
		1873 р. – «Трактат з електрики й магнетизму», Дж. Максвелл
		1874 р. – перші досліді з передавання електроенергії на відстань, Ф. А. Піроцький

1	2	3
		<p>1876 р. – створення нової системи розподілу електричного струму й трансформатора, П. М. Яблочков</p> <p>1879 р. – створення вакуумної лампи розжарювання з вугільним стержнем, Т. Едісон</p> <p>1882 р. – застосування змінного струму для освітлення, електроприводу, електротермії, І. Ф. Усигін</p> <p>1883 р. – відкриття явища термоелектронної емісії, Т. Едісон.</p> <p>1885 р. – система двофазного струму, генератор, трансформатор, двигун, М. Тесла</p> <p>1888 р. – створення трифазних генераторів змінного струму, М. О. Доліво-Добровольський</p> <p>1888 р. – розробка сучасного засобу зварювання, М. М. Бенардос, М. Г. Слав'янов</p> <p>1888 р. – експериментально доведено існування електромагнітних хвиль, передбачених Дж. Максвеллом, Г. Герц</p> <p>1889 р. – впровадження терміну електротехніка, В. Сименс, винахід трифазних трансформаторів, М. О. Доліво-Добровольський</p>
Становлення галузі електро-технічної промисловості і формування системи підготовки наукових й інженерних кадрів	<p>1. Упровадження досягнень електротехніки в усі галузі техніки та промисловості 1891–1920 рр.</p> <p>2. Поява наукових колективів, розвиток електротехнічної науки з розвиненою дослідницькою структурою, розвиток електротехнічної промисловості 1920–1940 рр.</p>	<p>1891 р. – вирішення проблеми передавання на відстань трифазним струмом, М. О. Доліво-Добровольський, Р. Е. Классон</p> <p>1892 р. – створення основ класичної електронної теорії, Х. Лоренц</p> <p>1892 р. – перший електричний трамвай у Росії (м. Київ), Дубелір</p> <p>1895 р. – відкриття радіозв'язку, О.С. Попов</p> <p>1895 р. – конструкція першого осцилографа, Р. А. Коллі</p> <p>1895–1899 рр. – розробка електродинамічних вимірювальних приладів</p> <p>1890 рр. – початок електрифікації транспорту</p> <p>1900 р. – перший Всеросійський електротехнічний з'їзд у Санкт-Петербурзі</p>

3.2.2. Електротехнічна промисловість

Передумовою становлення галузі електротехнічної промисловості стала винахідницька діяльність електротехніків першої половини XIX ст., яка виникла з практичного застосування здобутків фізики. Синтез різноманітних ідей дав початок створенню новітніх приладів і сприяв розвитку техніки [154, с. 7].

У цей період з'явився один з напрямів прикладної електрики – електричний телеграф. Першим практичним застосуванням електричного струму, тобто початком виробничої електротехніки, стало винайдення російським інженером П. Л. Шиллінгом електромагнітного телеграфу. Спираючись на дослідження Х. К. Ерстеда, він реалізував лінію електромагнітного телеграфу. Пізніше аналогічні пристрої були побудовані Д. Вебером і К. Гауссом у Німеччині, Ч. Уїтстоном і Куком в Англії й американцем С. Морзе. Це було початковим кроком до вирішення основної функції електрики – поєднання різних форм енергії й створення електроенергетичної техніки. У другій половині XIX ст. розвиток телеграфу перейшов у нову фазу: був створений міжнародний і трансконтинентальний зв'язок. З 70-х рр. XIX ст. поширення набув і телефон [155, с. 112].

Важливим чинником у становленні електротехніки як галузі промисловості стали новаторські дослідження Е. Х. Ленца. 1832 р. він показав, що електрорушійна сила індукції пропорційна кількості витків котушки й не залежить від радіусу витків чи поперечного перерізу та речовини провідників. 1834 р. учений встановив правила визначення індукованого електричного струму. Попередні спроби використання в техніці електромагнітної індукції мали помилковий характер, і лише Е. Х. Ленцу вдалося внести інженерну думку для вирішення цього питання.

Розвиток електромагнітної теорії в працях Е. Х. Ленца і Б. С. Якобі дав поштовх розвитку електровимірювальної техніки. Визначений Е. Х. Ленцем принцип зворотності електричного генератора став базою для створення найпростіших електровимірювальних приладів – гальванометрів, амперметрів, вольтметрів, тобто приладів прямого перетворення й більш точних – приладів зрівноваження величини, яку порівнюють з відомою. Основною галуззю застосування електровимірювальних приладів стала енергетика й метрологічна практика (повірка) [156].

Новий напрям практичного застосування електрики відкрив Б. С. Якобі. Він передбачив перевагу електродвигуна перед паровою маши-

ною, застосував електрику в промисловості як рушійну силу. Дослідник сконструював один з перших електродвигунів. До нього в цьому напрямку працювали П. Барлоу, В. Річчі та ін., але власне двигун Б. С. Якобі отримав практичне застосування. На відміну від попередників Б. С. Якобі застосовував у двигуні електромагніти, тим самим випередивши час. Лише через п'ятдесят років за пропозицією винахідника Г. Уайльда цей принцип був запроваджений у промисловість. Новий напрям у розвитку конструкцій електродвигунів пов'язаний з італійським вченим А. Пачіонні, який запропонував електродвигун з кільцевим якорем. Цей винахід став визначальним у розвитку електродвигунів постійного струму, але залишився маловідомим. Через двадцять років цей принцип використав З. Грамм під час створення моделі електромашинного генератора [157, с. 241].

Відкриття електричної дуги В. В. Петровим виокремило новий напрям в електротехніці – застосування електрики для освітлення. Упровадження ідей В. В. Петрова в промисловість здійснив російський вчений П. М. Яблочков – винахідник електродугового освітлення й промислового застосування змінного струму. Він запропонував конструкцію генератора змінного струму. На базі цієї конструкції І. П. Усигін зробив модель трансформатора, показав універсальність застосування змінного струму, що сприяло розвитку техніки змінних струмів [156].

Дослідження в цьому напрямку були продовжені італійцем Г. Феррарісом, який у 1886 р. відкрив існуюче при змінному струмі обертове магнітне поле, що дало можливість створювати за цим принципом генератори й мотори змінного струму. Водночас з Г. Феррарісом над цією ж проблемою працював М. Тесла, якому належить декілька типів конструкцій індукційних багатофазних двигунів і який незалежно від італійського вченого відкрив явище обертового магнітного поля.

Широке застосування електрики майже в усіх галузях техніки сприяло вирішенню проблеми передавання електричної енергії на далеку відстань. Перші практичні кроки, саме з метою здійснити передавання електроенергії на відстань по залізничних рейках з подальшим перетворенням її на механічну, зробив Ф. А. Піроцький 1874 р. Полтавський науковець Ф. А. Піроцький розробив систему передачі електроенергії через залізний дріт. Через тридцять років винахідник представив удосконалений проект, де наочно продемонстрував схему застосування електрики для руху залізничного потягу. Вже наступного року компанія Siemens випустила перший еле-

ктричний трамвай, сконструйований за схемою українського винахідника (рис. 3.17). Наступні досліді вченого в 1875–1876 рр. були спрямовані на знаходження економічних показників передавання електроенергії та пошук шляхів підвищення її ефективності. Ці дослідження вплинули на роботу М. О. Доліво-Добровольського, який розпочав досліді щодо створення електродвигуна, дія якого основана на явищі обертового магнітного поля. Експериментальні дослідження трифазного асинхронного електродвигуна дали змогу в 1889 р. вченому запатентувати трифазний трансформатор і розпочати роботи з практичного застосування системи трифазного струму. У 1891 р. на Міжнародній виставці у Франкфурті-на-Майні відбулися випробування першої установки трифазного струму, які стали доказом того, що передавання електричної енергії за допомогою системи трифазного струму із застосуванням трансформаторів може бути здійснене на відстань з високим ККД [158; 159].



Рисунок 3.17 – Електричний трамвай Ф. Пироцького

Поява техніки трифазного струму, зокрема асинхронного трифазного двигуна, вплинуло на розвиток електроприводу. З 1890-х рр. відбувається витіснення парової машини із системи промислового приводу. Низка закордонних металургійних підприємств була обладнана електроприводами постійного струму з напівавтоматичним керуванням. Розроблений російським електротехніком В. М. Чикольовим індивідуальний пристрій для електричної швейної машини став однією з перших демонстрацій електроприводу до

верстата [160].

1879 р. П. М. Яблочков заснував перший в Росії електромеханічний завод, який спочатку виробляв електричні лампи. Досить швидко перелік виробів було розширено й на заводі було налагоджено вироблення динамо-машин різних типів, акумуляторів, провідників тощо. Варто зазначити, що розвиток електролампової промисловості мав важливе значення для подальшого розвитку досліджень в електродинаміці.

Отже, прогрес у різноманітних електротехнічних напрямках, зокрема створення нових видів обладнання – генераторів, трансформаторів, електродвигунів, удосконалення засобів і методів електричних вимірювань, пристроїв автоматики і телемеханіки сприяли розвитку виробництва, становленню електротехнічної галузі. Електротехнічна промисловість головно почала створюватися в розвинених країнах Європи, зокрема Німеччині, Бельгії, а також Сполучених Штатах Америки. Найбільш відома електрична фірма – «Загальна електрична компанія» (ЗЕК) мала понад 200 відділень, з них 34 закордонних представництва в десяти країнах. Німецькі фірми «Сименс-Гальське», «Шуккерт», «Уніон» також мали мережу акціонерних товариств, у тому числі й на території Росії. У 1887 р. у Ризі відкрився електромашинобудівний завод загального товариства електрики, який спеціалізувався на виготовленні генераторів, електродвигунів, трансформаторів та інших електричних машин і апаратів. З 1898 р. у Москві працював електромеханічний завод «Динамо», побудований бельгійськими підприємцями, де виготовлялось електрообладнання для трамвайного господарства та пускова й регулювальна апаратура. У Петербурзі в 1892 р. було засновано електромеханічний завод, який виготовляв електродвигуни, високочастотні генератори, електричні насоси. 1899 р. у Таллінні почав працювати електромеханічний завод акціонерного товариства «Вольт» з переліком продукції: генератори та двигуни постійного й змінного струму, трансформатори. З 1912 р. товариство «Сименс-Шукерт» відкрило електромеханічний завод у Петербурзі, де вироблялися трамвайне й кранове обладнання, трансформатори, генератори постійного й змінного струму. У 1914 р. до Харкова був евакуйований Ризький електромеханічний завод (рисунки 3.18) [161; 162].

Викладений вище матеріал було зведено у вигляді таблиці, де подано хронологію та короткий опис етапів становлення галузі електротехнічної промисловості (див. табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Основні етапи становлення електротехнічної галузі наприкінці XIX – перша половина XX ст.

Етап	Характеристика етапу	Основні події і винахідники
1	2	3
І Винахідницький (перша половина XIX ст.)	Створення приладів, які демонстрували перетворення електричної енергії на механічну, перша половина XIX ст. 1821 р., явище обертання провідника в магнітному полі постійного магніту, М. Фарадей	1824 р. – «колесо Барлоу» – прототип сучасного електродвигуна
		1831 р. – прилад Д. Генрі (принцип взаємодії різнойменних та однойменних зарядів)
		1833 р. – прилад В. Річчі (з обертовим електромагнітом)
		1834 р. – прилад С. Даль Негро (коливальний рух постійного магніту перетворюється на обертальний)
		1834 р. – прилад Д. Борро (з коливальним електромагнітом)
	Електромагнітна індукція і оборотність електричних машин (1831 р. – Фарадей, 1833 р. – Ленц)	
	1.1. Електродвигуни з безпосереднім обертанням якоря	1834 р. – перший електродвигун з безпосереднім обертанням якоря, Б. С. Якобі, 1837 р. – Т. Девенпорт, 1840 р. – В. Кайданов, 1855 р. – Г. Фроман,
	1.2. Електродвигуни зі зворотно-поступальним рухом	1834 р. – У. Кларка, 1845 р. – Ч. Педжа, 1850 р. – Бурбуз, 1853 р. – Аллан
	1.3. Однофазовий синхронний електродвигун	1841 р. – Ч. Уїтстон
	1.4. Електродвигун з кільцевим якорем	1860 р. – А. Пачінотті
	2.1. Генератор з постійним магнітом	1831 р. – М. Фарадей
	2.2. Генератор зі змішаним збудженням	1855 р. – С. Хіорт, 1866 р. – Д. Мюррей
	2.3. Генератор з незалежним збудженням	1863 р. – Г. Уайльд
	2.4. Генератор із самозбудженням	1866 р. – брати Варлей, 1867 р. В. Сименс, 1867 р. Ч. Уїтстон
	2.5. Генератор з кільцевим якорем	1880 р. – З. Грамм
	Обертове магнітне поле (1885–1888 рр. – Г. Ферраріс, 1887 р. – М. Тесла)	
	Трифазний асинхронний двигун (1888–1889 рр. М. О. Доліво-Добровольський)	

Закінчення табл. 3.6

1	2	3
II Промисловий (друга половина XIX ст. – початок XX ст.)	Розвиток електротехнічної промисловості друга половина XIX – початок XX ст.	1878 р. – електроламповий завод Яблочкова
		1884 р. – електромашинобудівний завод у Ризі, організатор Е. Арнольд
		1889 р. – електромеханічний завод у Ризі
		1892 р. – електромеханічний завод у Санкт-Петербурзі (завод «Електрик»)
		1897 р. – акумуляторний і телефонний заводи в Санкт-Петербурзі
		1898 р. – електромеханічний завод «Динамо» у Москві
		1899 р. – електромеханічний завод «Вольта» в Таллінні
		1912 р. – другий електромеханічний завод в Санкт-Петербурзі («Електро-сила»)
		1913 р. – електроламповий завод «Світлана» в Санкт-Петербурзі
		1914 р. – Ризький електромеханічний завод евакуйовано до Харкова
		1924 р. – Харківський електромеханічний завод
		1929 р. – Харківський електротехнічний завод
		1934 р. – Харківський турбогенераторний завод
		1946 р. – Харківський завод «Електроважмаш»

Головні позиції в електропромисловості України в дореволюційний період були зайняті іноземними корпораціями. Попит на електровироби задовольнявся за рахунок імпорту. Понад 60% електричних виробів увозилося з-за кордону. В окремих галузях електропромисловості питома вага імпорту сягала близько 100%, зокрема, електричні лампи – понад 90%, електровимірювальні прилади – 93%. Участь вітчизняних підприємств у світовому виробництві електротехнічних виробів продукції становила 2,5% (див. табл. 3.7) [162].



Рисунок 3.18 – Будівництво електромеханічного заводу у Харкові, 1915 р.

Таблиця 3.7 – Імпорт електротехнічних виробів наприкінці XIX – початку XX ст.

Найменування виробів	Питома вага імпорту, %
Електровимірювальні прилади	93,0
Електричні лампи розжарювання	90,0
Електричні машини, трансформатори, апарати	57,7
Електроізоляційні матеріали	26,0
Кабель та провід	6,3
Акумулятори	2,0

На початку XX ст. у Російській імперії функціонувало понад ста електротехнічних підприємств. Однак більшість з них були майстернями, які не мали характерної електротехнічної спеціалізації, і в них невеликими партіями виробляли найпростіші електровироби й ремонтували обладнання. На той час тільки підприємство Сименс у Німеччині мало явний електротехнічний характер. Поступово починається процес створення великих електротехнічних підприємств. Ці заводи захистили свої права на монопольне виробництво шляхом зосередження патентів і привілеїв на винаходи. Основна частка виготовлюваної електротехнічної продукції належала понад десяти великим підприємствам. Ці заводи були у володінні закордонних корпора-

цій і являли собою філії генеральних підприємств. Багато галузей промисловості, які мали першочергове значення для господарства, були відсутні. За кордону також увозились основні види сировини та спеціальні матеріали для електротехнічного виробництва. Так, в Росії не виготовлялась електрична ізоляція – дуже важлива галузь допоміжного виробництва [161].

Науково-технічна база електропромисловості була зосереджена на основних підприємствах концернів. Усі розрахункові та дослідницькі матеріали поступали на виробництва в готовому вигляді. Конструкторських бюро та лабораторій не існувало, що відбивалося на винахідницькій інженерній діяльності. Наприклад, електромашинобудування не може існувати без цілого комплексу науково-дослідних робіт, пов'язаних з вирішенням теоретичних проблем складних фізичних явищ, які відбуваються в електричній машині. Власне тому величезні електротехнічні корпорації залучали до співпраці відомих інженерів, а також фахівців з фізики, прикладної математики, механіки тощо.

Отже, на початку XX ст. на території Росії працювало шість заводів електротехнічного профілю, один з яких знаходився в Харкові. Але всі вони були філіями закордонних підприємств. Ці обставини гальмували розвиток електромашинобудівної промисловості. Ще одним чинником відставання електротехнічної вітчизняної промисловості наприкінці XIX – на початку XX ст., у порівнянні з європейським рівнем, стала відсутність навчальних закладів для підготовки інженерних і технічних кадрів. Становлення електротехнічної галузі потребували фахівців-електриків різних кваліфікацій. Виникла необхідність у спеціальній електротехнічній освіті.

3.2.3. Організація інженерної електротехнічної освіти

Система вищих електротехнічних навчальних закладів почала формуватися в 1880 рр. Електротехнічні дисципліни вперше в світі почали викладатися в Дармштадтській вищій технічній школі в 1882/1883 навчальному році (рис. 3.19). Перша установа, яка давала спеціалізовану освіту в галузі електротехніки, була відкрита у Франції 1880 р. і називалася «Вища телеграфна школа». Курс навчання був розрахований на два роки й базувався на закінченій вищій освіті, тобто вона мала статус курсів перекваліфікації. Прийом слухачів був обмежений – 5–6 осіб на рік. Через кілька років у Бельгії організовано електротехнічний факультет при технічному університеті (м. Льєж). У 1886 р. було відкрито електротехнічний факультет при

Ганноверському політехнічному інституті. Наприкінці 1880-х рр. електротехнічні факультети почали функціонувати при Цюрихському політехнічному інституті та при Шарлотенбурзькому інституті в Берліні. У Дармштадтському політехнічному інституті електротехнічне відділення при машинобудівному факультеті реорганізовано в окремий електротехнічний факультет. Варто підкреслити, що в перші десятиріччя свого існування ці навчальні заклади мали за мету підвищення кваліфікації фахівців, які мали вищу освіту. Спеціалізованих електротехнічних кафедр ці установи не мали [163].



Рисунок 3.18 – Дармштадтський технічний університет
(Дармштадтська вища технічна школа у 1877 р.)

В останній чверті XIX ст. електрика застосовується не лише в телеграфії, але й у низці інших галузей техніки. Інтерес до електротехнічної освіти поширюється і, як наслідок, з'являються навчальні заклади, що спеціалізуються у новій галузі. З метою дати можливість інженерам і технікам одержати практичні знання в Парижі була організована електротехнічна лабораторія. 1894 р. за пропозицією голови міжнародного суспільства електриків Ж. Берже на базі лабораторії була відкрита Вища електрична школа. У перший рік було прийнято дванадцять слухачів. Навчання складалося з теоретичних і практичних модулів. Теоретична підготовка проводилася з таких дисциплін: загальна електротехніка, електричні вимірювання, конструкція та розрахунки динамомашин змінного та постійного струму, електричні установки, електрична тяга, передавання електричної енергії, електрохімія, електричне освітлення, застосування електрики на залізниці тощо. До викладання залучали інженерів, які мали досвід роботи на виробництві. Практична частина включала обов'язкові лабораторні заняття, виконання проек-

тів, відвідування підприємств. За перше десятиріччя кількість осіб, які навчались у Вищій паризькій електричній школі, становила – 572, з них п'ятнадцять – росіяни [164].

Розвиток телеграфу на території Російської імперії в 1850-ті рр. висунув проблему підготовки кваліфікованого персоналу з обслуговування телеграфних ліній. За ініціативою видатного електротехніка професора П. Д. Войнаровського, починаючи з 1854 р., було відкрито декілька телеграфних шкіл для підготовки фахівців-електриків. Між тим, телеграфні школи мали низький рівень підготовки та давали лише знання про телеграфну техніку й елементарні відомості в галузі електрики. Тому потреби промисловості у фахівців-електротехніках як вищого, так і нижчого рівня ці школи не задовольняли.

Чільне місце в науковому житті Росії на той час посідали університети. Саме там здобувала вищу освіту більша кількість фахівців, які потім ставали організаторами науки й засновниками її нових напрямів. Протягом другої половини XIX ст. випускників університетів було вдвічі більше, ніж випускників інших вищих навчальних закладів (понад 58 тисяч). У цей період було сформовано систему підготовки кадрів, впроваджені нові форми науково-педагогічної роботи, з'явилися нові наукові видання, науково-допоміжні структури (музеї, лабораторії, кабінети, бібліотеки, наукові студентські товариства тощо). Зокрема створена професором О. Г. Столетовим 1872 р. фізична лабораторія Московського університету стала місцем для експериментальних досліджень, які мали велике значення для формування електротехнічної науки в Росії [165].

У низці вищих навчальних закладів Росії провідні викладачі курсів фізики важливе значення надавали електротехніці: у технологічному інституті Санкт-Петербурга – Ф. Ф. Петрушевський, Д. О. Лачінов; у Петербурзькому університеті – Р. Е. Ленц, І. І. Боргман і О. Д. Хвольсон; у Москві – О. Г. Столетов, у Київському університеті – М. П. Авенаріус, у політехнічному училищі Риги – Е. Арнольд. Але лабораторної бази потрібного рівня на той час на території Росії не існувало. Випускникам університетів, що вирішували спеціалізуватися в галузі електротехніки, потрібно було обов'язково одержати практичну підготовку за кордоном.

У 1886 р. у Санкт-Петербурзі відкрито Технічне училище зі спеціалізацією в галузі телеграфії. Курс навчання базувався на середній освіті, складався з двох навчальних дисциплін – телеграфія й електричні вимірю-

вання – і був розрахований на три роки і додаткове підготовче відділення. Поступово розвиток інших електротехнічних галузей сприяє розширенню навчального плану училища. Додатково були запроваджені такі необхідні курси, як електрометалургія, розподіл електроенергії, електромеханіка, електрична тяга тощо. Термін навчання подовжується до чотирьох років (див. табл. 3.8). У 1891 р. училище було реорганізовано в електротехнічний інститут, що став першим окремим самостійним електротехнічним вищим навчальним закладом на території Росії. В інституті організацію системного викладання дисципліни та створення електротехнічних лабораторій здійснював перший професор електротехніки в Росії М. А. Шателен. За його ініціативою теми дипломних проектів обиралися не лише стосовно електрозв'язку, а й нових напрямів електротехнічної галузі, які тільки з'являлися. Наприклад, у 1894 р. П. Д. Войнаровським була захищена тема дипломного проекту «Повний проект освітлення театрів, казенних установ, головних вулиць, магазинів центральної частини міста Москва». Аналогічний проект було виконано і для м. Харків. Спеціальний курс електротехніки був запроваджений до навчальних планів інституту з 1891 р. До складу дисципліни входили розділи: теоретична електротехніка, електричні машини, електричні вимірювання. Через два роки курс реорганізується, відокремлюються теоретична та практична частини. Теоретичну електротехніку доручають викладати професору І. І. Боргману. Йому належить фундаментальна праця, де було узагальнено результати досліджень електромагнітних явищ та їх математичного обґрунтування. Поява підручника І. І. Боргмана сприяла розвитку теоретичних питань прикладної електротехніки [166].

Таблиця 3.8 – Становлення електротехніки як навчально-технічної дисципліни в Санкт-Петербурзькому технічному училищі

Роки	Термін навчання	Кількість дисциплін	Назва дисциплін
1886 р.	3 роки	2	Телеграфія, електричні вимірювання.
1891 р.	4 роки	4	Телеграфія, телефонія, електротехніка, електричні вимірювання
1899 р.	5 років	11	Телеграфія, телефонія, теоретична електротехніка, електричні вимірювання, електромеханіка, електричне освітлення, електричне передавання енергії, електрична тяга, центральні електричні станції, влаштування електричних ліній, електрохімія

У Петербурзькому практичному технологічному інституті (ППТІ) Р. Е. Ленц відокремив від курсу фізики розділи про технічне застосування електричного струму, зокрема електричне освітлення, і впровадив до навчального плану електротехніку як обов'язкову дисципліну. З 1896 р. на механічному відділенні під керівництвом І. І. Боргмана розпочалася підготовка фахівців з електромашинобудування для великих підприємств. Спеціалізації з розподілу електричної енергії, електричного освітлення, електрометалургійної галузі не викладалися. В Інституті цивільних інженерів викладався один з розділів електротехніки – пристрої для електричного освітлення будинків. В Інституті інженерних шляхів сполучення – обов'язковий курс телеграфії. Особливістю організації навчального процесу цих навчальних закладів була лекційна форма навчання та відсутність виробничої практики [166].

З 1904 р. теоретичні основи електротехніки в Петербурзькому політехнічному інституті на електромеханічному факультеті розпочав викладати академік В. Ф. Міткевич. Власне з цим фактом пов'язаний новий етап у формуванні теоретичних основ електротехніки як технічної дисципліни. Аналогічної дисципліни не існувало в навчальних планах російських чи закордонних вищих технічних навчальних закладах. В. Ф. Міткевич підготував спеціальний курс для інженерів-електриків, який спирався на розділ «Електрика і магнетизм» фізики та «Диференційні й інтегральні числення та матрична алгебра» математики.

Першим професором електротехніки в Москві став випускник Московського вищого технічного училища (МВТУ) Б. І. Угрімов, який розпочав викладати з 1900 р. «Загальний курс електротехніки» в обсязі двох годин на тиждень і проводити обов'язкові лабораторні роботи. Розширення електротехнічного курсу відбувається з появою в МВТУ 1905 р. засновника електротехнічної школи в Росії К. А. Круга, який підготував ще дві нові дисципліни «Теорія змінних струмів» та «Електричні вимірювання» й ініціював відкриття електромеханічної спеціалізації на механічному відділенні. На базі цієї спеціалізації 1918 р. відкрито електротехнічний факультет. Йому належить і один з перших навчальних посібників з ТОЕ, де вчений запропонував класичну схему вивчення цієї дисципліни. Розподіл матеріалу на три великі частини: фізичні основи електротехніки, теорія електричних кіл і теорія електромагнітного поля підтвердив можливість якісної підготовки фахівців. За запропонованою К. А. Кругом схемою формувалися навчальні посібники, які були надруковані пізніше.

Отже, наприкінці XIX ст. у Європі існувало шість вищих електротехнічних навчальних закладів. Але це були електротехнічні факультети чи інститути, навчальна програма яких спиралась на отриману вищу освіту фахівця, і тому вони мали характер інститутів підвищення кваліфікації. Окремого вищого навчального закладу, крім Вищої електричної школи в Парижі, не існувало. На території Росії спеціалізовану електротехнічну освіту можна було отримати в МВТУ та електротехнічному інституті в Санкт-Петербурзі, які мали високий рівень кваліфікації викладачів і лабораторну базу. Тобто на початку XX ст. почали розвиватися два основних наукових електротехнічних центри Росії: у Москві й Санкт-Петербурзі. Одержати відомості про розвиток мережі підготовки фахівців-електриків у Європі можна з табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Поява електротехнічної освіти в Європі

Рік створення	Назва установи	Країна
1	2	3
1854 р.	Школа для підготовки електриків, які обслуговували електромагнітні телеграфи	Росія
1874 р.	Офіцерське електротехнічне відділення, створене у військово-морському відомстві	Росія
1880 р.	Вища телеграфна школа, м. Париж	Франція
середина 1880-х рр.	Електротехнічний факультет, м. Льєж	Бельгія
1886 р.	Електротехнічний факультет у політехнічному інституті, м. Ганновер	Німеччина
1886 р.	Вищий електротехнічний інститут, м. Санкт-Петербург	Росія
Кінець 1880-х рр.	Електротехнічний факультет у політехнічному інституті на базі електротехнічного відділення, м. Дармштадт	Німеччина
Кінець 1880-х рр.	Електротехнічний факультет у Цюрихському політехнічному інституті	Австрія
Кінець 1880-х рр.	Електротехнічний факультет при Шарлотенбурзькому політехнічному інституті, м. Берлін	Німеччина
1891 р.	Кафедра електротехніки у Львівській політехніці	Австро-Угорщина
1891 р.	Військова електротехнічна школа	Росія
1894 р.	Вища школа електрики, м. Париж	Франція
1902 р.	Електротехнічний факультет у Петербурзькому політехнічному інституті	Росія

1	2	3
1909 р.	Електротехнічна спеціальність у Петербурзькому технологічному інституті	Росія
1909 р.	Електротехнічна спеціальність у Ризькому політехнічному інституті	Рига
1918 р.	Електротехнічний факультет у КПІ, м. Київ	Україна
1918 р.	Електротехнічний факультет у Московському вищому технічному училищі	Росія
1921 р.	Електротехнічний факультет у ХТІ, м. Харків	Україна
1930 р.	Електротехнічний інститут, м. Харків	Україна

3.2.4. Підготовка інженерів для електротехнічної промисловості України

Передумовою становлення вищої електротехнічної освіти в Україні стали потреби в науковому забезпеченні розвиненого промислового району, яким був Південь Росії. Реформи 60–70-х рр. XIX ст. сприяли розвитку України. У металургійній, гірничодобувній, машинобудівній галузях були створені великі промислові підприємства, які використовували сучасну на той час техніку. Машинобудівні заводи працювали в Києві, Харкові, Миколаєві, Одесі, Сумах, Маріуполі, Білій Церкві, Катеринославі.

На початку XX ст. електротехніку в КПІ викладали відомі вчені: професори М. А. Артем'єв, А. В. Круковський, А. А. Скоморохов, С. М. Усатий, А. А. Соколов. За ініціативою А. В. Круковського була створена електротехнічна лабораторія⁷.

Професор М. А. Артем'єв мав багатий практичний досвід, що дозволило йому стати завідувачем створеної в КПІ 1900 р. кафедри електротехніки та розпочати викладання цієї дисципліни. За проектами М. А. Артем'єва в Києві 1890 р. споруджено центральну електростанцію та прокладено міську електромережу. Він бере участь у проектуванні системи електропостачання в Тифлісі й Таганрозі. Узагальнюючи практичний досвід, М. А. Артем'єв опублікував у 1904 р. монографію «Визначення розміру динамомашин і вплив напруги на розмір», де систематизував наявні на той час методи розрахунків і конструювання електричних машин [167].

1918 р. з метою розширення підготовки інженерів нових спеціальностей у КПІ (рис. 3.20) був створений електротехнічний факультет з відді-

⁷ Державний архів Києва (ДАК), Ф. 18, оп. 1, спр. 185, арк. 3.

леннями електричних станцій, електричної тяги та техніки зв'язку, але фактично нічого не змінилося. Як і раніше, випуск фахівців-електротехніків проводився за однією спеціалізацією на механічному відділенні. Кількість студентів, які виконували дипломні роботи з електротехнічного проектування, становила п'ять–шість на рік. З 1921 р. загальний курс електротехніки був розширений. Було запроваджено декілька нових дисциплін, зокрема, вступ до електротехніки, енциклопедію електротехніки, теоретичні основи електротехніки та основи теорії змінних струмів [168, с. 91].



Рисунок 3.20 –1900-ті роки. Київський політехнічний інститут

У Львівській політехніці (рис. 3.21) початок електротехнічних досліджень пов'язаний з діяльністю професорів Ф. Стржелецького та К. Олеарського. Зацікавленість до нової галузі виявив талановитий інженер і науковець Р. Гостковський. Його наукові праці стосуються питань електричних двигунів, генераторів постійного струму, використання електричної енергії для залізничного транспорту тощо. Подальші дослідження в галузі електротехніки продовжував професор Ф. Добжинський. Він здійснював електричними вимірювання, електричні машини, теорію електричних кіл тощо. Як окрему навчальну дисципліну електротехніку було запроваджено до навчального плану Львівської політехніки 1887 р. А 1890 р. було створено кафедру електротехніки, яку очолив професор Р. Дзесьлевські, випускник Технічної академії Львова, який два роки провів за кордоном, куди поїхав для ознайомлення з найважливішими промисловими електротехнічними підприємствами. Він став організатором зразкової сучасної електротехнічної лабораторії в інституті [169, с. 17].



Рисунок 3.21 – Головний корпус Львівської політехніки, 1925 р.

Подальший розвиток теоретичних досліджень у галузі електротехніки Львівського політехнічного інституту припадає на 40-ві рр. XX ст. Після возз'єднання західноукраїнських земель на кафедрі електротехніки був створений дослідний центр. Суттєву допомогу в становленні електротехніки як навчально-технічної дисципліни в Львівській політехніці надали науковці ХЕТІ, зокрема, доцент кафедри «Теоретичні основи електротехніки» О. П. Сукачов розробляв розробленням навчальні програми, запроваджував нові дисципліни. Кафедру електротехніки очолив польський професор С. Фризе, відомий прогресивними методиками викладання теорії електричних кіл. Ще в 1923 р. друкуються його фундаментальні роботи, присвячені основам теорії електричних кіл. У цих працях автором були запропоновані власні оригінальні підходи до вирішення складних електротехнічних завдань. На кафедрі також працював професор Г. З. Сокольницький – ініціатор впровадження електротехнічної освіти в Західній Україні. Цікаві наукові дослідження стосовно теорії електричної потужності багатofазних систем проводив асистент професора С. Фризе І. Розенцвайг⁸.

Поштохом становлення електротехнічних досліджень у Харківському практичному технологічному інституті (рис. 3.22) стала організація фізичного кабінету. 5 серпня 1885 р. за пропозицією В. Л. Кирпичова. Міністерством народної освіти на посаду ад'юнкт-професора фізики призначено доцента Харківського університету О. К. Погорелка. Розширення викладання

⁸ Державний архів Львівської області, Фонд ученого-електротехніка Г. Сокольницького.

електротехніки в ХТІ належить талановитому вченому електротехніку, професору М. П. Клобукову. У 1893 р. вчений ініціював створення в інституті електротехнічної лабораторії і. За його рекомендаціями технологічний інститут придбав нову вимірювальну апаратуру, електричні машини постійного і змінного струму, колекцію електричних опорів, трансформатори, регулятори напруги і струмів тощо. Для проведення лабораторних робіт з електротехніки в механічних майстернях інституту виготовили «апарат Клобукова» для демонстрації законів магнітного кола і визначення магнітної проникності тіла⁹.



Рисунок 3.22 – Головний корпус Харківського технологічного інституту, 1900-ті рр.

Становлення електротехнічного напрямку в ХТІ пов'язано з професором П. П. Копняєвим. За пропозицією вченого у 1921 р. в інституті було відкрито електротехнічний факультет. А в 1930 р. на базі електротехнічного факультету організовано Харківський електротехнічний інститут. Це був перший в Україні спеціалізований вищий навчальний заклад електротехнічного профілю¹⁰.

1921 р. до механіко-машинобудівного факультету Катеринославського гірничого училища було приєднано електротехнічне відділення реорганізованого Катеринославського політехнічного інституту. Його очолив інженер-електротехнік, професор електротехніки з 1928 р. Г. Є. Євреїнов. Він розпо-

⁹ ДАХО, Ф. 770, оп. 1, спр. 156, арк. 18; спр. 184, арк. 3.

¹⁰ ДАХО, Ф. 5404, оп. 2, спр. 12, арк. 47.

чав наукові дослідження в галузі електрифікації гірничих підприємств, теоретичних основ електротехніки і став засновником електромеханічної спеціальності в інституті.

В Одесі Вищі курси телеграфних механіків були відкриті 1900 р. У подальші роки курси було розширено і в 1923 р. організовано Одеський електротехнікум сильних струмів. Навчальний заклад готував інженерів зв'язку, термін навчання становив чотири роки. 1929 р. електротехнікум реорганізовано в електротехнічний факультет Одеського політехнічного інституту. У 1920–1930-ті рр. на факультеті працювали Л. І. Мандельштам і М. Д. Папалексі, відомі вчені-радіофізики. 1930 р. на базі факультету створено інститут інженерів зв'язку¹¹.

Отже, в Україні на початку ХХ ст. виникли два основних наукових електротехнічних центри: Київський, що базувався в політехнічному інституті і Харківський, який почав розвиватись на базі ХТІ. Формування інженерної електротехнічної освіти в Україні можна простежити в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Поява та розвиток вищої електротехнічної освіти в Україні

Навчальний заклад	Рік заснування	Розпочато викладання електротехніки	Організовано електротехнічну кафедру/факультет
Львівський політехнічний інститут	1844 р.	1887 р. Ф. Стржелецький К. Олеарський	1890 р. – кафедра електротехніки
Харківський технологічний інститут	1885 р.	1892 р. О. К. Погорелко	1901 р. – кафедра електротехніки 1921 р. – електротехнічний факультет
Київський політехнічний інститут	1898 р.	1901 М. А. Артем'єв	1918 р. – електротехнічний факультет
Катеринославське вище гірниче училище	1899 р.	1921 р. Г. Є. Євреїнов	1921 р. – електромеханічне відділення та кафедра гірничої електротехніки
Одеський політехнічний інститут	1918 р.	1924 р. Л. І. Мандельштам М. Д. Папалексі	1924 р. – електроенергетичний факультет 1929 р. – електротехнічний факультет

¹¹ Державний архів Одеської області (ДАОО), Ф. Р-126, оп. 5, спр. 7, арк. 1-3.

3.3. Наукові дослідження з хімічної технології

3.3.1. Становлення промислової хімії

Характерними рисами хімічної промисловості наприкінці XIX ст. були диспропорція у розвитку окремих галузей, відсутність або кустарний характер багатьох виробництв, слабкий розвиток сировинної та машинобудівної бази. Все це зумовило залежність хімічної промисловості від іноземного капіталу, ввезення сировини й напівфабрикатів з-за кордону, викликало технічну відсталість, важкі умови праці на заводах. Частка хімічної промисловості в Росії в загальному обсязі промислового виробництва в 1913 р. складала лише 2,8 %. В руках іноземного капіталу були ключові позиції в хімічній промисловості. Так, у 1916–1917 рр. більшу половину акціонерного капіталу цієї галузі складав капітал іноземних фірм. Щоб не втрачати вигідного ринку збуту, ці фірми всіляко перешкоджали розвитку вітчизняної сировинної бази, хоча в надрах країни були наявні майже всі необхідні види сировини. Наприклад, більше двох століть у Російській імперії порох виробляли з вітчизняних продуктів, але наприкінці XIX ст. хімічне виробництво пороху потрапило у повну залежність від іноземної сировини – «чилійської» селітри. Недостатньо було розвинуто виробництво мінеральних добрив, норми виробництва нітратних добрив на душу населення були в десятки разів нижчими в порівнянні з будь-якою європейською державою.

Російські вчені Д. І. Менделєєв і К. А. Тімірязєв надавали велике значення ролі нітратних сполук у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур. Вони першими в 1867–1869 рр. розпочали дослідження з використанням мінеральних добрив, в тому числі нітратних – натрієвої селітри й сульфату амонію, що надало змогу дійти висновку про комплексне застосування добрив та інших агротехнічних заходів, які дозволяють підвищувати врожайність у декілька разів [85].

У 1898 р. в лекції «Правда ли, что человечеству угрожает гибель», яка була відповіддю на виступ англійського вченого В. Крукса про небезпеку всесвітнього нітратного голоду, К. А. Тімірязєв переконливо довів хибність цих поглядів і висловив упевненість у швидкому вирішенні проблеми фіксації азоту безпосередньо з атмосфери, створення промисловості нітратних добрив. Він підкреслював, що, можливо, ми знаходимося напередодні капітального перевороту в хліборобстві, отриманні найбільш важливого з добрив безпосередньо з повітря, всюди, де тільки знайдеться доступне джерело

енергії. Він зазначив, що це буде одним з блискучих результатів наукової творчості, яка створює цінності з нічого [170, с. 318–356].

З появою вогнепальної зброї й артилерії виникла потреба в калієвій селітрі, яка разом з вугіллям і сіркою була одним з компонентів чорного пороху. Спочатку калієву селітру до Росії імпортували з країн Західної Європи, потім стали виробляти в «селітряницях», де застосовували спосіб, що ґрунтувався на процесах розкладу тваринних залишків і відходів. У результаті цього одним з продуктів такого розкладу був аміак, який перетворювали спочатку на азотну кислоту, а потім – на калієву селітру.

За даними П. М. Лук'янова, на початку XIX ст. в Росії було 40, а в середині XIX ст. – 130 селітряниць, в яких виробляли щорічно 2 тис. т. калійної селітри. Потреби в селітрі зростали і з 1831 р. її почали імпортувати з Чилі, де в 1809 р. були відкриті багаті родовища натрієвої селітри. Імпорт чилійської селітри в 1904 р. сягав до 53,3 тис. т, основна частина якої також перероблялась на азотну кислоту, а потім на калієву селітру.

Технологія отримання азотної кислоти з натрієвої селітри здійснювалась на основі запропонованої ще в 1650 р. німецьким хіміком Глаубером реакції взаємодії сірчаної кислоти з селітрою та була надто примітивною. Разом з чилійською селітрою з 1909 р. Росія імпортувала з Норвегії кальцієву селітру, яка також була сировиною для отримання азотної кислоти. З другої половини XIX ст. стали застосовувати аміак, який отримували на коксохімічних і газових заводах і переробляли на мінеральне добриво – сульфат амонію. Однак на більшості цих підприємств уловлювання аміаку було неможливе. Тому в 1913 р. було отримано лише 16224 т. 25% аміачної води, з якої виготовлено 13486 т сульфату амонію [171].

Кінець XIX ст. і початок XX ст. характеризувалися інтенсивними пошуками промислового методу фіксації атмосферного азоту. У Росії перші експерименти з вилученням азоту з повітря, після Г. Кавендіша, К. Шееле, Д. Прістлі та Л. Резенфорда, були проведені академіком В. В. Петровим у 1804 р. Він отримав оксиди азоту на власноручно спорудженій електричній машині за допомогою електричних розрядів [172, с. 288].

У 1814 р. на основі цих досліджень В. В. Петрова український учений, засновник Харківського університету В. М. Каразін, повторив його дослід і запропонував оригінальний проект – першу спробу промислового використання азоту повітря. Він вирішив використати науково-технічне досягнення того часу – аеростати, які підіймали у повітря електроатмосферні снаря-

ди, що збирають електрику у верхньому шарі атмосфери й транспортують її на землю для практичного застосування. Дивовижний щодо сміливості думки проект В. М. Каразіна не був здійснений. Але його задум настільки випереджав час, що й сучасна техніка не має засобів для отримання атмосферної електрики. Цей проект і до сьогодні викликає інтерес та увагу дослідників [173].

Перші установки з прямої фіксації атмосферного азоту були збудовані на початку XX ст. у США та Норвегії. Важливі дослідження також були проведені в Росії вченими О. І. Горбовим і В. Ф. Міткевичем у 1907 р. Вони запропонували оригінальну конструкцію електричної печі для окислення атмосферного азоту. Особливість їхньої дослідної установки, яка була збудована в 1908 р. на Сестрорецькому заводі, полягала в тому, що завдяки воронкоподібній формі полум'я електричної дуги та швидкому охолодженню отриманого оксиду азоту, вченим вдалося значно підвищити вихід оксиду азоту в порівнянні з печами інших конструкцій [174, с. 1109–1112].

У рік відкриття в Норвегії заводів (1905 р.), які фіксували повітряний азот за методом Х. Биркеланда та С. Ейде, при військовому відомстві Росії була створена комісія, яка вирішувала проблеми отримання азотної кислоти способом окислення азоту із повітря. До її складу увійшли відомі вчені того часу. Вони ознайомилися з результатами роботи дослідної дугової печі для окислення аміаку, що запропонували професори А. І. Горбов та В. Ф. Міткевич. Комісія рекомендувала побудувати азотний завод та гідроелектростанцію. Цей проект так і не було здійснено [175].

Важливість отримання азоту з повітря підкреслював у своїх працях Д. І. Менделєєв ще в 1869 р. Він писав, що одним із завдань прикладної хімії є пошук технічно вигідного способу виробництва азоту з повітря. Майбутнє сільського господарства багато в чому залежить від його відкриття. Ним також була висловлена думка про те, що проблема виробництва мінеральних добрив також буде вирішена безпосередньо на цих підприємствах [176, с. 362].

Вивчаючи явища теплового розширення й капілярності рідини, Д. І. Менделєєв відкрив існування абсолютної температури кипіння. Ці дослідження були продовжені й оформлені ним у вигляді статей. Його праці відіграли значну роль під час розроблення промислового способу виробництва азоту, який був необхідний для синтезу ціанаміду кальцію й аміаку, а також для виділення водню з коксового газу методом глибокого охоло-

дження [177, с. 141–152].

У 1903 р. 15,5 % світового виробництва аміаку базувалося на процесах електролізу води. Перші патенти на технічний електроліз води належать російському професору Д. О. Лачинову. У них наведені всі основні принципи промислового процесу електролізу води, які були використані західними фірмами. Винаходи Д.О. Лачинова не були втілені на практиці. Вони були реалізовані за кордоном лише на початку ХХ ст. [178, с. 52–67].

Ще однією важливою віхою в розвитку хімічної технології стали роботи з розширення сировинної бази азотної промисловості, виконані іншим російським хіміком-академіком В. М. Іпатьєвим. У 1912 р. він встановив, що під час високотемпературного розкладу природного газу – метану можна отримувати водень. На принципах цього відкриття в Росії, Німеччині, США та в низці інших країн були розгорнуті широкі дослідження, і в промисловість виробництва азоту був упроваджений метод каталітичної конверсії природного газу [179, с. 433–442].

У своїх дослідженнях В. М. Іпатьєв ще в 1903–1904 рр. першим серед російських хіміків звернув увагу на велике значення, яке має тиск під час проведення різних каталітичних процесів [180].



Рисунок 3.23 – В. М. Іпатьєв

Високо оцінюючи його праці, професор Б. Долгов підкреслював, що каталіз під підвищеним тиском, який запровадив до хімічної науки В. М. Іпатьєв (рис. 3.23), має велике значення для хімічної промисловості. Вперше сконструйований ним в Росії апарат для високого тиску невдовзі був використаний у закордонних лабораторіях і став прототипом потужних установок. Саме тому німецький хімік А. Мітташ визнав В. М. Іпатьєва засновником нових синтетичних каталітичних процесів [181, с. 66–67].

Наприкінці ХІХ ст. інші вчені, слідом за М. Бертло, зробили висновок, що нижчі організми спроможні фіксувати атмосферний азот. Російський учений С. М. Виноградський уперше в 1893 р. отримав культуру анае-

робної спороносно́ї бактерії *Clostridium Pasteurinum*, яка засвоювала атмосферний азот. Їй також належить пріоритет відкриття явища хемосинтезу й опис важливих груп хемосинтезуючих бактерій, які окислюють аміак у нітрати, а потім у нітрити [181, с. 293–351].

Широко відомі класичні роботи Д. М. Прянішнікова, присвячені азотному споживанню рослин, в яких учений дійшов важливого висновку щодо можливості використання азотних добрив. Їй також належить ідея розкладу природних ферментів азотною кислотою. Цьому методу і в теперішній час надається велике значення [182, с. 21–22].

На початку ХХ ст. в Росії та за кордоном була поширена думка про те, що ніби хімічна промисловість Російської імперії розвивалася з відставанням від західноєвропейської. Проте ціла низка історичних документів свідчить про самостійний творчий внесок російських вчених-хіміків у розвиток хімічної технології та промисловості. Академік С. І. Вольфович з цього приводу писав, що видатні досягнення російської науки (праці М. В. Ломоносова, М. М. Зініна, О. М. Бутлерова, Д. І. Менделєєва, М. М. Бекетова та ін.) давно вже отримали широке міжнародне визнання. Успіхи вітчизняної хімічної техніки й промисловості до останнього часу недооцінювалися, а в низці оглядів тенденційно перекирчувалися. Вагомим підтвердженням цього вислову є роботи відомого російського хіміка І. І. Андрєєва та його помічників. Він розробив оригінальний спосіб отримання азотної кислоти не з чилійської селітри, а з коксохімічного аміаку, який викидали в атмосферу через відсутність сірчаної кислоти для виробництва амонію сірчаноокислого.

Незалежно від німецького хіміка В. Оствальда та інших дослідників І. І. Андрєєв вивчив і розробив технологічний процес виробництва азотної кислоти. Він визначив вихід оксиду азоту на платині залежно від швидкості газу, температури та складу аміачно-повітряної суміші; сконструював контактний апарат і здійснив на ньому дослідження каталізатора; визначив параметри, необхідні для проектування цехів окислення аміаку й поглинання отриманих оксидів азоту. За ініціативою І. І. Андрєєва було налагоджено виробництво платинових сіток, що використовувалися як каталізатор. На базі результатів його досліджень були отримані дані, що стали основою проектування заводу. Під керівництвом І. І. Андрєєва, М. М. Кулепетова й О. К. Колосова в 1916 р. в місті Юзівка (нині Донецьк) був побудований перший у Росії азотний завод, який за технікою оснащення контактного відді-

лення виявився найкращим у світі. Цей завод коштував у шість разів дешевше, ніж запропонований англо-норвежськими фірмами проект заводу за схемою В. Оствальда. До того ж, вартість азотної кислоти, яку отримували на заводі, була втричі менша за вартість кислоти, що виготовляли з чилійської селітри [183, с. 239–252].

Крім коксохімічних заводів, аміак у Росії отримували як побічний продукт на газових заводах, де виробляли побутовий газ для великих міст. На коксохімічних і газових заводах з аміачної води та азотної кислоти, яку виготовляли зазвичай з чилійської селітри й сірчаної кислоти, отримували аміачну селітру. Таке виробництво було не економічним, тому що витрачалася велика кількість сірчаної кислоти.

Ідею отримання аміачної селітри з аміаку й азотної кислоти шляхом окислення аміаку на платині висунув ще в 1860-х рр. Д. І. Менделєєв. Згодом на збудованому в Юзівці азотному заводі вперше у світовій практиці було вирішено, що частина коксохімічного аміаку перероблятиметься на азотну кислоту, а інша частина аміачної води застосовуватиметься для нейтралізації отриманої кислоти й виготовлення аміачної селітри.

Результати досліджень І. І. Андрєєва та проект Юзівського заводу були надані урядам Англії й Франції на їхнє прохання для використання під час будівництва подібних заводів у цих країнах [184].

У той час, коли одні спеціалісти і вчені всього світу надавали перевагу дуговому методу фіксації атмосферного азоту, інші – ціанамідному або синтезу аміаку, І. І. Андрєєв писав, що синтез азотної кислоти з повітря за допомогою аміаку буде більш економічним та доступним, ніж безпосереднє спалювання азоту в електричній дузі. Для синтезу аміаку з азоту повітря відкривалися способи, два з яких (ціанамід і синтетичний аміак) вже були здійснені в техніці й швидко розвивалися.

Якщо згадати, за яких складних умов хіміки проводили свої дослідження, то доречно буде навести вислів В. Майєра, що «найкращі роботи проводилися звичайно в найгірших умовах». Немає нічого дивного в тому, що більша частина досліджень вітчизняних учених була спочатку застосована за кордоном, а потім поверталася в Росію. Виробництво аміаку, азотної кислоти й оригінальні дослідження сировинної проблеми щодо синтезу аміаку, які були виконані в Росії (каталітична конверсія метану, електроліз води, розділення газів методом глибокого охолодження), стали продовженням праць Д. І. Менделєєва, В. М. Іпатьєва, Д. О. Лачінова та ін.

Початок історичного розвитку содового виробництва на теренах Російської імперії розпочалося лише в другій половини XIX ст., оскільки воно гальмувалося внутрішнім митом, яке було скасовано лише в 1881 р. До початку 1860 рр. сода ввозилась до країни у відповідній до потреб кількості з-за кордону. Содова промисловість у Росії почала свій розвиток зі способу Леблана. Першим заводом, який виробляв синтетичну соду, був завод М. Пранга в Барнаулі Томської губернії. На ньому отримували соду з природного сульфату натрію, що видобували з озер поблизу Барнаула. Це виробництво за об'ємом було невеликим: у 1870-х рр. воно сягало 300 т на рік, а з середини 1890-х рр. – 450 т на рік. Однак цей завод працював недовго, тому що недосконала технологія отримання соди призводила до великих втрат солі й аміаку, які дорого коштували. На початку XX ст. завод було закрито. Наявні відомості про спроби організації виробництва соди за способом Леблана й на інших хімічних заводах, свідчать про те що вони проіснували недовго [185].

Особливою подією, яка підтвердила про зрілість хімічної науки на той час, стало будівництво І. Лихачовим у м. Чистопіль Казанської губернії першого в Росії заводу виробництва соди аміачним способом. Перший у світі содовий завод, що отримував соду аміачним методом, було збудовано в Бельгії в 1861 р. Російський завод аміачної соди почав виробництво в 1868 р. Лише через 6 років подібний завод було відкрито в Німеччині, через 5 років – в Англії, через 16 – у США. За технічної відсталості Росії, яка не виробляла власного аміаку, а використовувала аміак біосировини тваринництва, діяльність Чистопільського заводу заслуговує особливої уваги. Директором заводу був відомий на той час хімік І. Я. Тісе, який на основі нечисленних літературних відомостей дослідив отримання соди з гідрокарбонату амонію. Він, незалежно від способу Сольве, розробив свій аміачний метод, застосував його на практиці та спроектував завод. У 1871 р. завод виробив 410 т соди. Через відсутність сировини він працював лише чотири роки [186, с. 93].

Аміачний спосіб отримання кальцинованої соди Сольве широко застосовувався в Росії, починаючи з 1883 р. Ще в 1881 р. у Бельгії було укладено контракт між пермським купцем І. Любімовим та содопромисловцем Сольве щодо будівництва в Росії содового заводу потужністю 6 тис. т на рік. У 1883 р. І. Любімов побудував перший великий содовий завод у м. Березняки на Північному Уралі, на якому використовували аміачний спосіб Сольве. Спочатку завод працював з дефіцитом, тому що на собівар-

тість соди впливала ціна імпортованих аміачних солей. У 1887 р. І. Любімов заснував разом з компанією Сольве концерн «Товариство на вірі» фірми «Любімов, Сольве і К^о». Потужність заводу поступово збільшувалась. Якщо у 1884 р. було виготовлено лише 2 тис. т соди, то наприкінці ХІХ ст. продуктивність перевищувала 24 тис. т на рік. Згодом, у 1892 р., фірма збудувала аналогічний, але більш потужний Донецький содовий завод (м. Лисичанськ) у Катеринославській губернії. У 1894 р. на ньому було отримано 17,6 тис. т соди, а в 1900 р. – 46 тис. т. Сировиною для виробництва була аміачна вода донецьких коксових заводів. У 1989 р. у м. Слов'янськ почав працювати третій завод, соду на якому отримували за удосконаленим аміачним способом [187].

Розроблення теоретичних основ аміачно-содового процесу належить відомому хіміку-технологу П. П. Федотьєву (1864–1934). Після закінчення в 1888 р. Санкт-Петербурзького технологічного інституту (С-П ТІ) він працював хіміком на заводах, а з 1904 р. обіймав посаду професора С-П ТІ. Основні його наукові праці стосуються до галузі мінеральної технології, технічної електрохімії та електрометалургії. Він уперше обґрунтував теорію промислового виробництва соди за способом Сольве й визначив шляхи вдосконалення цього процесу. Дослідження теорії аміачно-содового виробництва з позицій вчення про фази, виконано в його дисертаційній роботі, заклало фізико-хімічні основи отримання соди. Вони суттєво доповнили прогалини в теоретичній базі виробництва, яке на той час стало одним з найважливіших в основній хімічній технології [188, с. 281–334]. Пізніше була надрукована праця П. П. Федотьєва та студента І. Колтунова «Другая форма аммиачно-содового процесса», в якій за вихідну речовину була взята сіль – сульфат натрію. Отже, дослідження П. П. Федотьєва та його учнів дали змогу повністю з'ясувати у фізико-хімічну сутність аміачно-содового процесу [188, с. 281–334].

Як свідчать літературні дані, випуск соди в Росії в 1913 р. становив: кальцинованої 155,5 тис. т, каустичної 51,3 тис. т, гідрокарбонату натрію 7 тис. т. При цьому близько 75 % виробництва соди припадало на частку фірми «Любімов, Сольве і К^о» [189, с. 122–123].

Отже, три великих содових заводи царської Росії повністю забезпечували потреби країни в соді, тому ввезення соди з-за кордону було незначним. А технологія аміачного методу, яка використовувалася на заводах фірми Сольве, в основному зберіглася й до теперішнього часу [190].

Розглянувши основні закономірності формування й розвитку азотної промисловості від перших селітряниць до каталітичного отримання синтетичного аміаку в сучасних багатотоннажних агрегатах, узагальнивши попередні викладки щодо розвитку азотної промисловості, можна запропонувати таку хронологію розвитку технології виробництва азотовмісних сполук, яка представлена у таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Основні етапи формування й розвитку азотовмісних сполук

№ періоду	Хронологічні межі періоду	Основний зміст періоду
I	До VIII століття	Використання азотних сполук як запалювальних сумішей. Винахід способу отримання азотної кислоти
II	XVI – XIX ст.	Відкриття азоту як сполуки, спроби виділення його з повітря, дослідження процесів отримання азоту з оксидів та аміаку. Створення виробництв калійної селітри – сировини для чорного пороху й пошуки нових методів виробництва азотовмісних сполук
III	Кінець XIX ст. – 1920 рр. XX ст.	Пошуки промислового методу фіксації атмосферного азоту, розроблення технології отримання синтетичного аміаку
IV	1930 – 1950 рр. XX ст.	Інтенсивний розвиток азотної промисловості шляхом застосування методів глибокого охолодження коксового газу, використання електrolітичного водню у виробництві синтетичного аміаку. Відновлення виробництв у післявоєнний період
V	1960 – 1970 рр.	Період інтенсивного розвитку й впровадження технології каталітичного синтезу аміаку на основі використання природного газу
VI	1970 – 1980 рр. XX ст. – до теперішнього часу	Впровадження сучасних енерготехнологічних комплексів й екологічно досконалих технологій одержання продуктів зв'язаного азоту. Удосконалення багатотоннажних агрегатів виробництва азотної кислоти

Отже: особливістю етапу XVI–XIX ст. було виокремлення процесів зв'язаного азоту в самостійний напрям хімічної технології, на розвиток якого істотно вплинув доробок відомих вчених, зокрема Ф. Кюльмана, В. Оствальда, Г. Кавендіша, Ф. Габера, К. Боша, П. Мітташа.

Індустріальна революція другої половини XIX ст. стимулювала наукові пошуки в галузі промислової хімії. Теоретичні розробки науковців втілювалися у виробництво: за методом фіксування повітряного азоту Х. Біркеланда і С. Ейде в 1905 р. були збудовані заводи в Норвегії; праці російського хіміка В. М. Іпатьєва з розширення сировинної бази азотної промисловості спонукали до впровадження в промисловість методу каталітичної конверсії природного газу з використанням підвищеного тиску; за

результатами наукових досліджень під керівництвом І. І. Андрєєва, М. М. Кулепетова й О. К. Колосова створено перший на Південному Заході Російської імперії (в теперішній Україні) азотний завод в Юзівці.

З другої половини ХІХ ст. розпочався інтенсивний розвиток хімічної промисловості, важливою складовою якої стало азотне й содове виробництво. Це було пов'язане з потребою забезпечення хімічною продукцією промисловості й сільського господарства, розробленням нових технологій виробництва азотовмісних сполук та похідних соди. Розвиток хімічної промисловості вимагав підготовки кваліфікованих інженерних і наукових кадрів.

3.3.2. Доробок вищих навчальних закладів з хімічної технології

В Україні підготовка кадрів для хімічних виробництв спочатку здійснювалась у класичних університетах Харкова, Києва й Одеси на кафедрах хімічного профілю (заснованих відповідно в 1805 р., 1834 р., 1865 р.), але цього було недостатньо. Тому потребу підприємств в інженерних кадрах було вирішено задовольняти шляхом створення низки вищих технічних навчальних закладів. Першим з них в Україні став Харківський практичний технологічний інститут (ХПТІ), який було засновано в 1885 р. ХПТІ мав у своєму складі механічне і хімічне відділення та, відповідно до штатного розкладу, 10 професорів, 7 ад'юнкт-професорів, законовчителя, механіка механічних майстерень, лаборанта хімічних майстерень та бібліотекара. У 1898 р. ХПТІ було перейменовано у Харківський технологічний інститут (ХТІ)¹².

У тому ж році почав працювати Київський політехнічний інститут (КПІ), а з 1899 р. – Катеринославське вище гірниче училище (КВГУ). На викладацькі посади були запрошені відомі вчені та фахівці з великим досвідом практичної роботи.

На відміну від університетської науки, діяльність учених названих ВНЗ, як правило, була тісно пов'язана з потребами різних галузей економіки. Якщо університети в перші роки свого існування за основне мали завдання – популяризація та пропаганда природознавчих знань, то з появою в ХІХ ст. вищих технічних закладів розпочалася не лише підготовка спеціалістів для хімічних виробництв, але й помітно підвищився рівень наукових досліджень у галузі хімічної технології.

¹² ДАХО, Ф. 770, оп. 1, спр. 68, арк. 7–9.

Взагалі у ВНЗ Російської імперії, які готували в 1899 р. інженерів-хіміків, контингент студентів сягав 850 фахівців, а загальний випуск інженерів-технологів перед 1917 р. – 200 або 250 фахівців на рік¹³.

Відомо, що на той час хімічна промисловість була представлена невеликими підприємствами, тому інженери, що на них працювали, повинні були знати не тільки хімічні процеси, але й бути достатньо підготовленими до рішення багатьох інших проблем: технологічних, механічних, економічних і навіть будівельних. У зв'язку з цими обставинами вітчизняна вища школа створила систему технологічної освіти, яка спиралася на поєднання різних циклів наук та їх застосування відповідно до особливостей розвитку хімічної промисловості. На відміну від багатьох технічних зарубіжних вищих навчальних закладів, у вітчизняних інститутах більше уваги приділяли заняттям студентів у лабораторіях і майстернях, а також практиці на хімічних підприємствах.

Такий зв'язок із промисловістю, яка на той час інтенсивно розвивалася в Росії, був надзвичайно важливим як засіб розширення науково-технічного пошуку. Зосередження у вищих навчальних закладах значної кількості провідних учених з різних галузей науки і техніки зробило ці заклади основними центрами розвитку наукової думки [191, с. 5].

З відкриттям ХІПТІ й наданням фундаментальних знань його випускникам почався відлік історії підготовки вітчизняних інженерних кадрів у галузі хімічної технології. Цей технічний навчальний заклад у подальшому відіграв велику роль у підготовці інженерних кадрів для промисловості, яка почала розвиватися наприкінці ХІХ ст. в Україні. Інституту вирішено було надати особливого «практичного» характеру, що сприяло організації в його структурі механічних і хімічних майстерень. На хімічному відділенні були збудовані содовий завод, скловарна піч, керамічна майстерня, цукровий, винокурний, маслоробильний і миловарний заводи, майстерня з оброблення шкіри, газовий завод. Ці невеликі за своїми розмірами виробництва виконували необхідні для інституту роботи з виготовлення обладнання й матеріалів. На цьому ж хімічному відділенні передбачалося проводити підготовку інженерів-технологів для найбільш розвинутих галузей хімічної промисловості, якими в Україні на той час були цукрова, винокурна, солеварна й пивоварна. Планувався щорічний прийом на хімічне відділення 40 студентів¹⁴.

¹³ ДАХО, Ф. Р-5868, оп. 2, спр. 98, арк. 17–19.

¹⁴ ДАХО, Ф. 770, оп. 1, спр. 85, арк. 2.

У дореволюційні роки інститут випускав лише 23 хіміка-технолога на рік, а в деякі роки і менше. Так, наприклад, перший випуск 1890 р. становив 19 хіміків-технологів, а в 1911 р. – всього 11¹⁵.

На початку ХХ ст. підготовка інженерів-хіміків у дореволюційний період здійснювалась однією загальною хімічною кафедрою технічного профілю. Всебічну підтримку в перші роки існування інститут отримував від професорів і викладачів Харківського університету, які викладали теоретичні курси за сумісництвом. Так, у 1886–1887 рр. курс хімії кількістю 3 лекції на тиждень і 4 години щотижневих репетицій проводив професор Харківського університету, Дійсний статський радник, доктор хімії М. М. Бекетов. Лабораторні та практичні заняття також проводив колежський радник, приват-доцент університету М. О. Чернай. В організації навчального процесу на хімічному відділенні значну роль відіграли такі вчені, як ад'юнкт-професор хімічної технології, магістр хімії В. О. Геміліан, професор, доктор хімії І. М. Пономарьов, професор хімічної технології О. П. Лідов і професор Є. Л. Зубашев. В. О. Геміліан спочатку читав курс технології мінеральних речовин, а згодом – технологію речовин та проектування з технології мінеральних речовин. І. М. Пономарьов викладав органічну хімію, О. П. Лідов – курс органічної хімії й технологію фарб, Є. Л. Зубашев – технологію харчових речовин¹⁶.

У межах кафедри послідовно формувався свій особливий погляд на методику викладання навчальних дисциплін у вищій технічній школі. Основу його складали, у першу чергу, лекції. Крім лекцій, широко застосовувалися лабораторні та практичні заняття, на яких під керівництвом професорів і кваліфікованих лаборантів І. Д. Жукова, К. М. Соловйова, Д. П. Турбаби студенти-хіміки 12 годин на тиждень навчалися кількісному, якісному аналізу та приготуванню хімічних препаратів. Велика увага при цьому приділялася виробничій практиці, яку виконували протягом літнього ваканційного часу, а також частково й на осінній практиці студентів 5-го курсу навчання. Під керівництвом професорів В. О. Геміліана, О. П. Лідова, Є. Л. Зубашева студенти працювали на Харківському, Тростянецькому, Олексіївському графа Ребіндера, Новотаволжанському, Рогозянському цукрово-рафінадних заводах; нафтових та газових заводах братства Нобеля й Ліанзова (м. Харків і м. Варшава); на фарбних і ситцепечатних мануфакту-

¹⁵ ДАХО, Ф. 770, оп. 1, спр. 110, арк. 6–7.

¹⁶ ДАХО, Ф. 770, оп. 1, спр. 68, арк. 8–11.

рах Асафа Баранова і Сави Морозова; на пивоварних заводах «Нова Баварія» й «Українка»; на винокурених заводах графа Ребіндера та князя Святополк-Мирського, Молдавського й Колокольцева та на інших виробництвах¹⁷.

Важливу роль у забезпеченні навчального процесу й проведенні наукових досліджень на хімічному відділенні відігравали хімічна й технологічна лабораторії інституту, де виконувалися замовлення на проведення досліджень для підприємств, організацій і власників, земств і губерній. Так, наприклад, за дорученням Харківського водопровідного товариства професором В. О. Геміліаном (рис. 3.24) протягом 1880–1910 рр. здійснювався контроль за станом водопровідної води у Харкові. Результати цих досліджень були узагальнені



Рисунок 3.24 – В. О. Геміліан

вченим у двох працях: «Про хімічний склад Харківської водопровідної води» 1893 р. і «Керівництво до дослідження води, її придатності та способи очищення. Для техніків, лікарів, фармацевтів і студентів» 1906 р. Ці праці мали чимале значення для підготовки спеціалістів з хімічної технології, а також для розвитку наукових досліджень співробітниками кафедри. У хімічній лабораторії також досліджувалися зразки кам'яного вугілля, глини, вогнетривих матеріалів. Хімічні майстерні та лабораторії були оснащені машинами й апаратами, що давало здійснювати науково-дослідні роботи, а студентам спостерігати й вивчати технологічні процеси, тобто поступово хімічна лабораторія ХТІІІ набувала навчального та наукового значення¹⁸.

Перша світова війна та дві революції 1917 р., Громадянська війна нанесли значну шкоду розвитку вищої технічної освіти. Важким був цей період і для хімічного відділення ХТІ. У 1918 р. загально-хімічна кафедра була реорганізована, з'явилися кафедри неорганічної та фізичної хімії, мінеральних речовин, органічної хімії. Реформа вищої освіти в Україні 1921–1922 рр. передбачала відокремлення науково-дослідної роботи від навчального процесу, що привело до створення в ХТІ 9 науково-дослідних кафедр (НДК),

¹⁷ ДАХО, Ф. 770, оп. 1, спр. 110, арк. 8–10.

¹⁸ ДАХО, Ф. 770, оп. 1, спр. 242, арк. 14–19.

дві з яких були хімічного профілю – технології мінеральних речовин та технології органічних речовин. З 1923 року вперше при НДК створюється аспірантура й починається підготовка наукових кадрів для вищих навчальних і науково-дослідних установ України. На НДК технології мінеральних речовин, яка була сформована в 1922 році, працювало 6 осіб. Її очолював професор Є. І. Орлов, а у складі було два дослідники Л. В. Терещенко і Н. І. Ювеналєв, а також три аспіранти. Тематика науково-дослідних робіт була такою: розроблення методів отримання нових в'язучих сполук (гіпсовий цемент, доломітовий цемент та інші); дослідження аналізів зразків вітчизняної сировини – донецького коксу, вогнетривких глин, доломітів, гіпсу; організація робіт з контактного окислення аміаку до азотної кислоти; вивчення та використання українських фосфоритів як мінеральних добрив.

У середині 1920-х років колектив кафедри на замовлення підприємств України виконав низку важливих досліджень, які мали суто практичний характер. Науковці й аспіранти здійснили дослідження ізюмських фосфоритів, запропонували нові сорти цементу та способи приготування ізоляційних лаків, які було впроваджено у виробництво¹⁹.

Отже, якщо в перші роки існування інституту технічного спрямування у Харкові наукові дослідження мали теоретичні напрямки й виконувалися здебільше вченими-одинаками, то з початку 1920-х років ХХ століття вже виникають наукові колективи, діяльність яких підпорядкована розвитку промисловості, а фінансування замовлень здійснював уряд України. Проте, як свідчить аналіз літературних джерел і наукових праць, функціонування науково-дослідних кафедр (НДК) окремо від навчального процесу не виправдало себе. Перші НДК, що діяли при інституті, мало сприяли єднанню наукової й навчальної роботи викладачів та ефективному наданню знань студентам. Значна частина професорів, які працювали у вищій школі дореволюційного періоду, критикували організацію науково-дослідної роботи таких кафедр за відірваність від навчального процесу. На всеукраїнських з'їздах учених, що відбулися в 1925–1927 рр., ці питання також обговорювались. Тому на початку 1930 р. НДК було ліквідовано, вони поступилися місцем звичайним кафедрам, колективи яких виконували не лише педагогічну й навчально-методичну, а й дослідну роботу.

Наприкінці 1920-х рр. у Радянському Союзі набула широкого розвитку перебудова всієї системи вищої освіти з метою пристосування її до пот-

¹⁹ ЦДАВО, Ф. 166, оп. 2, арк. 22.

реб і темпів індустріалізації народного господарства. Це означало її реорганізацію за галузевими особливостями. Тому на початку 1930 р. Вища рада народного господарства України схвалила рішення про створення низки галузевих інститутів на базі факультетів, що існували в політехнічних ВНЗ. Харківський технологічний інститут також на цей час змінився й сягнув за межі технологічного. Спочатку, наприкінці 1928 р., він перетворився на політехнічний, а в 1930 р. поділився на декілька інститутів: механіко-машинобудівний, хіміко-технологічний, електротехнічний, інженерно-будівельний та авіаційний.

Отже, поділ ХПІ на спеціалізовані ВНЗ диктувався потребою підготовки такої кількості спеціалістів, яких вимагала індустріалізація. У період 1928–1930 рр. збільшувався масштаб і поглибився зміст роботи хімічного відділення Харківського хіміко-технологічного інституту (ХХТІ). У його складі було 7 загальних і 6 спеціальних кафедр. Прийом студентів збільшився з 225 осіб у 1930 р. до 350 осіб у 1939 р. За ці роки було підготовлено 1354 інженери. Зросла кількість кафедр і професорсько-викладацького складу. У 1930 р. в ХХТІ на 13 кафедрах працювали 7 професорів, 14 доцентів, 11 асистентів, всього 32 викладачі. А в 1939 р. на 19 кафедрах відповідно: професорів – 21, доцентів – 22, асистентів, викладачів і старших викладачів – 80, разом – 123. До початку 1930-х років ХХ ст. також відноситься і створення в інституті перших студентських науково-технічних гуртків. У 1939 р. в ХХТІ налічувалося 12 гуртків різного хімічного спрямування [192].

Подальшого розвитку в 1930-ті рр. набула кафедра технології неорганічних речовин (ТНР), яка готувала спеціалістів для виробництва продуктів зв'язаного азоту, кислот, соди, добрив, солей, лугів. За 1930–1939 рр. для хімічної промисловості кафедрою підготовлено 174 інженери. Значний розвиток навчальної та науково-дослідної роботи припав на роки керівництва кафедрою Івана Євграфовича Ададунова (1933–1938 рр.). За цей час колективом кафедри ТНР було виконано 70 науково-дослідних робіт, які мали теоретичне й практичне значення. Проведені роботи охоплювали, головним чином, питання в галузі кінетики, каталізу, абсорбції й технології зв'язаного азоту, добрив і кислот. Основним напрямком досліджень було вивчення технологічних процесів основної хімічної промисловості. Переважно досліджувалися каталізatori для окислення сірчаного газу. Найбільш активним та ефективним виявився хромово-олов'яний каталізатор, який розробив І. Є. Ададунов. Цей каталізатор був експериментально промислово випро-

буваний, що підтвердило його придатність для впровадження у виробництво. Під час вивчення платинових і неплатинових каталізаторів окислення аміаку особлива увага приділялася розробці теоретичних принципів вибору каталізаторів, їх активації, підвищення стійкості й тривалості експлуатації. Колектив кафедри також розробив метод отримання контактним шляхом надзвичайно важливого для країни продукту – ціаністої кислоти. Велику роботу з упровадження в хімічну промисловість технологічних процесів, які здійснюються за умов підвищеного тиску, кафедра здійснила саме в ці роки. Крім того, вчені кафедри на чолі з І. Є. Ададуровим, розробили нові методи виробництва сірчаної й концентрованої азотної кислот, а також запропонували засоби інтенсифікації діючих на той час технологічних процесів виготовлення аміаку, соди, кислот. Кожний співробітник кафедри брав участь у виконанні науково-дослідної тематики, до виконання якої широко залучали і студентів. За цей час кандидатські дисертації захистили доценти кафедри В. І. Атрощенко, В. Ф. Терашкевич. У 1939 р. кафедра мала у своєму складі 4 доценти, 2 асистенти і 3 аспіранти [193, с. 93].

Розвиток науково-дослідної роботи та навчальний процес в інституті було перервано Великою Вітчизняною війною. У 1941–1943 рр. ХХТІ було евакуйовано в м. Чирчик (Узбекистан), де вчені кафедри продовжували роботу з підготовки інженерних кадрів і надавали допомогу в укріпленні обороноздатності країни. Колектив кафедри технології неорганічних речовин під керівництвом В. І. Атрощенка з успіхом завершив роботу з окислення аміаку повітрям, яке збагачене електролітичним киснем, що дозволило збільшити на 30 % випуск більш концентрованої азотної кислоти. Дослідження і впровадження у виробництво були проведені за участю колективу Центральної заводської лабораторії (ЦЗЛ) комбінату під керівництвом М. М. Набієва (у подальшому академіка АН УзРСР) і співробітників кафедри ТНР ХХТІ: В. І. Атрощенко, І. С. Галінкера, В. І. Конвісора, Е. М. Ейдельмана, А. Н. Цейтліна, А. Я. Крайньої. Випуск додаткової кількості азотної кислоти у воєнний період мав велике значення для оборонної промисловості [194, с. 127].

У післявоєнні роки колектив кафедри ТНР на чолі з В. І. Атрощенко та Державним інститутом азотної промисловості інтенсивно розвивав дослідження з кінетики окислення аміаку під підвищеним і високим тиском, відновив роботи з підбору ефективних каталізаторів, розпочав розроблення конструкцій абсорбційних колон для вдосконалення технологічних процесів

виробництва азотної кислоти та інші. У зв'язку з тим, що в 1960–1970 рр. хімічна промисловість СРСР почала бурхливо розвиватися, виникла гостра потреба в забезпеченні виробництва технологіями, які б мали надійне наукове обґрунтування. Саме в ці роки, колектив кафедри ТНР здійснив 37 робіт з дослідження каталізаторів, 56 – з абсорбції, 86 – з кінетики хімічних реакцій, 55 – з основної хімічної технології. Із проведених 242 науково-дослідних робіт 140 були пов'язані з удосконаленням і розвитком технології виробництва азотної кислоти, 20 – із синтезом аміаку, 43 – з виробництвом сірчаної кислоти, 14 – з отриманням мінеральних добрив, 14 – з виробництвом формальдегіду й метанолу [195, с. 14].

Використання запропонованого колективом кафедри способу контактного окислення аміаку повітрям, що збагачено киснем, дозволило в умовах виробництва значно підвищити продуктивність агрегатів для отримання азотної кислоти, зменшити втрати сировини й витрати електроенергії. Співробітники кафедри В. І. Атрощенко, А. Н. Цейтлін, А. П. Засорін, В. С. Золотарьов розробили спрощену установку для отримання азотної кислоти з концентрованих оксидів азоту – відходів низки виробництв, яка була застосована в хімічній промисловості. В. І. Конвісару спільно з робітниками ДІАП належить пріоритет у розробці конструкції абсорбційних колон з сітчаними тарілками та у визначенні основних даних технологічного режиму. На основі наукових досліджень кінетики каталітичних процесів колективом на чолі з В. І. Атрощенко було розроблено комбінований спосіб отримання сірчаної й азотної кислоти як підвищеної, так і високої концентрації. На Лисичанському хімічному комбінаті була впроваджена лабораторна установка для знесолювання промислових конденсатів, яку запропонували, розробили й виготовили разом вчені кафедри ТНР і працівники підприємства [196, с. 59–61].

У наступне десятиліття на кафедрі ТНР була проведена ціла низка робіт, які розширили уявлення про сутність процесів, що відбуваються під час абсорбції азотної кислоти з оксидів азоту. Всі дослідження з кінетики й каталізу здійснювалися під підвищеним тиском з використанням сучасних засобів математичної обробки результатів. Важлива науково-дослідна робота була спрямована на вивчення процесів каталітичного перероблення природного газу з метою отримання водню й відновлювальних газів. Цього часу також були розпочаті численні роботи щодо вивчення конверсії метану й оксиду вуглецю під тиском [197].

Заснований у 1898 р. Київський політехнічний інститут (КПІ) став

другим вищим навчальним закладом на території України, який готував інженерні кадри з глибокими фундаментальними знаннями, зокрема для хімічної промисловості. У його навчальних планах та програмах поєдналися кращі досягнення вітчизняних та зарубіжних політехнічних шкіл. Навчальний процес у КПІ суттєво відрізнявся від університетської освіти своєю спрямованістю. Двоїстий характер інженерної діяльності й освіти – прикладний та фундаментальний – визначався різницею в моделях інженерної освіти. Принципи такої інженерної освіти, яку було створено і впроваджено Д. І. Менделєєвим, К. А. Тимірязєвим, В. Л. Кирпичовим, слідом за ХТІ застосували і в КПІ. Ці принципи беруть свій початок від принципів освіти відомої на той час «Еколь політехнік» (L'Ecole Polytechnique – Вища політехнічна школа), яку засновали в Парижі в 1794 р., а також Аахенського, Віденського, Магдебурзького технічних університетів. В основі цієї системи – об'єднання глибокої природничо-наукової базової підготовки з математики, фізики, хімії та інших дисциплін із загальноінженерною, а також отримання професійно-практичних навичок на виробництві та в наукових установах. Система освіти, яка мала успіх у західноєвропейських країнах, була прийнята в більшості політехнічних інститутів, що заснували в Російській імперії в ХІХ ст. – Варшавському, Санкт-Петербурзькому, Харківському та ін. Ця модель стала визначальною для КПІ, зокрема для його хімічного відділення [198].

З початку роботи КПІ разом з ним розвивався, змінювався і вдосконалювався його хімічний факультет. Оскільки створений наприкінці ХІХ ст. КПІ став ВНЗ передового типу, це передбачало сукупність наступних факторів: досконалі навчальні плани; ефективне співвідношення лекційних, практичних і лабораторних занять, а також виробничої практики; сучасне обладнання та просторі навчальні корпуси. Для педагогічної діяльності до КПІ були запрошені видатні вчені-хіміки того часу: М. І. Коновалов, Д. К. Добросердов, В. Г. Шапошніков, Л. В. Писаржевський, В. Ф. Тимофєєв, К. А. Красуський та ін. Вони заклали кращі традиції педагогічної та наукової діяльності інституту. Штатний розпис викладацького складу КПІ в 1898 році становив 59 осіб, з них 35 були професорами. Педагогічний колектив КПІ вперше в країні започаткував конкурсний порядок призначення професорів кафедр виключно з осіб, які мають учений ступінь. Це був найбільш ефективний метод комплектування факультетів висококваліфікованими фахівцями [199, 173].

Згідно з положенням про КПІ (1898 р.), для забезпечення викладання всіх предметів в інституті було передбачено 35 навчальних напрямків (кафедр), з них вісім – з хімії й хімічної технології. Першими кафедрами на факультеті були такі: неорганічної та органічної хімії, технології волокон та фарбуючих речовин, органічної технології, будівельних матеріалів, технології сільськогосподарських продуктів, фізичної хімії, металургії. Восени 1898 р. на хімічне відділення новоствореного КПІ було зараховано 63 студенти²⁰.

Навчальні плани та програми хімічного факультету мали новачі. Розроблені з урахуванням найпередовіших досягнень хімії та хімічної технології вони, передбачали більше годин з навчального процесу на лабораторній, практичній заняття та виробничу практику. Йшлося також про спеціалізацію навчання, тобто, крім загальної хімічно-інженерної підготовки, студенти одержували підготовку з певної групи окремих хімічних виробництв (неорганічної, органічної, фарбової промисловості тощо) [200].

З перших днів функціонування КПІ на хімічному факультеті працювали видатні вчені-хіміки. Серед них – перший декан факультету професор М. І. Коновалов (рисунок 3.25), за безпосередньою участю якого розроблено плани й підготовлено програми з усіх дисциплін, що викладалися на факультеті. Лабораторії відділення було оснащено першокласним вітчизняним і зарубіжним обладнанням, з кожним роком воно поновлювалося новими приладами, апаратурою, реактивами й матеріалами. На думку фахівців, хімічні лабораторії КПІ на той час були кращими в Росії [201].



Рисунок 3.25 – М. І. Коновалов

М. І. Коновалов у 1898–1906 рр. читав курс неорганічної хімії, проводив заняття з загальної хімії, здійснював керівництво дипломними роботами. Він постійно залучав до наукової роботи студентську молодь, передавав їй свій досвід, завжди підтримував ініціативу студентів. У лабораторії професора М. І. Коновалова з часом склалася унікальна колекція з більш ніж 400 зразків хімічних речовин, що синтезували студенти. Основні наукові дослідження М. І. Коновалова присвячені вивченню органічних сполук. Він відкрив нітру-

²⁰ ДАК, Ф. 18, оп. 1, спр. 71, арк. 18.

ючу дію азотної кислоти, розробив методи отримання оксидів, спиртів, альдегідів. Він створив наукову школу, серед представників якої були академіки Н. Я. Дем'янов, А. Є. Чічібабін, А. В. Думанський, В. О. Плотніков, професори С. М. Реформатський, В. П. Ужевський та інші [202, с. 73–79].

На хімічному відділенні КІП також працював у 1908–1912 рр. видатний учений-хімік, продовжувач школи Д. І. Менделєєва – в Україні Л. В. Писаржевський. Він першим розпочав фундаментальні розроблення в галузі електронної хімії й здійснив низку вагомих відкриттів. Зокрема, заклав основи електронної теорії окислювально-відновлювальних процесів, розробив електронну теорію каталізу. Тривалий час він читав курс неорганічної хімії та вступ до курсу аналітичної хімії. У КІП Л. В. Писаржевський плідно займався науково-дослідною роботою та працював над докторською дисертацією, що дозволило зробити важливі узагальнення, які стали основою фізичної й хімічної концепції теорії розчинників [203].

Значний внесок у розвиток хімічної науки зробив один із фундаторів досліджень у галузі неводних розчинників в Україні, організатор науки і талановитий педагог – В. О. Плотніков (рисунк 3.27), який майже 50 років працював у КІП. Він створив кафедру фізичної хімії й першим почав викладати відповідний курс. Разом із педагогічною діяльністю В. О. Плотніков інтенсивно займався



Рисунок 3.26 –
Л. В. Писаржевський



Рисунок 3.27 – В. О. Плотніков

науково-дослідною роботою. Його наукова діяльність була різнобічною, але найбільшу увагу вчений приділяв неводним розчинам. В одній із своїх наукових праць він писав: «У сучасній хімії є дві загадкові ділянки, де точні теорії поки що виявляються безсилими і де на кожному кроці можуть зустрітись не-

сподіванки. Одна – ділянка каталізу, друга – ділянка розчину» [204, с. 1904].

Багато й плідно В. О. Плотніков досліджував питання каталізу, в яких розгляд глибоких теоретичних проблем був тісно пов'язаний з виконанням практичних завдань. Детально й системно вчений вивчив каталізатори, коли досліджував процеси синтезу метанолу. Роботи В. О. Плотнікова та його співробітників з дослідження нових каталізаторів були використані на Сталінському хімічному комбінаті (тепер м. Донецьк), де метанол отримували як побічний продукт під час очищення гідрогену перед синтезом аміаку. Вивчалися різні за складом та способом приготування каталізатори, вплив температури, швидкості й константи реакцій. Друга з каталітичних реакцій, яку досліджував В. О. Плотніков та його однодумці – це синтез синильної кислоти. Ними було вивчено також реакції відновлення заліза, синтезу аміаку, розкладання метанолу з утворенням ацетилену. Зазначимо, що подібні дослідження здійснювалися в 1920–1930-ті рр. і на кафедрі технології неорганічних речовин Харківського технологічного інституту спочатку під керівництвом професора Є. І. Орлова, а згодом – професора І. Є. Ададунова [205].

Протягом багатьох років основна наукова діяльність кафедри технології неорганічних речовин КПІ була присвячена дослідженням фізико-хімічних основ і розробці технології одержання мінеральних добрив, кислот, солей, утилізації відходів неорганічних виробництв та очищенню стічних вод. Ці дослідження розпочав відомий хімік-технолог Росії професор К. Г. Демент'єв і продовжили в радянські часи професор Д. О. Чорнобаєв та його учні – професори В. І. Гладушко, О. С. Плигунов, І. М. Астрелін та ін.



Рисунок 3.28 – О. С. Плигунов

У післявоєнний період, починаючи з 1945 р., на замовлення підприємств на кафедрі продовжили наукову тематику в галузі хімічної технології, соди, мінеральних добрив та неорганічних солей. Науково-дослідна робота була спрямована на вдосконалення технологічних процесів у виробництві, пошуки досконаліших методів комплексного перероблення різних видів сировини. Передбачаючи потреби хімічної промисловості, під керівництвом професора О. С. Плигунова (рис. 3.28), який очолював кафедру ТНР понад 30 років,

з 1956 р. розпочато підготовку спеціалістів з автоматизації хімічних виробництв, а з 1968 р. уперше в Україні – підготовку інженерів зі спеціальності «Основні процеси хімічного виробництва та хімічна кібернетика». Під науковим керівництвом професора О. С. Плигунова й доцента В. І. Гладушка колектив кафедри вирішував питання вдосконалення виробництва складних мінеральних добрив. У зв'язку з цим були розпочаті дослідження у новому науковому напрямку – «Теоретичні основи та технологія фосфоровмісних комплексних добрив». Водночас під керівництвом доцента Б. А. Жидкова були започатковані дослідження з фізико-хімічних основ і технології каталітичних процесів одержання синтез-газів [206].

Як свідчать літературні й архівні джерела, у ХІХ ст. у портово-промисловій Одесі налічувалося три ВНЗ: Новоросійський університет, Вищі жіночі курси та Вищі жіночі медичні курси. У 1918 р. було засновано Одеський політехнічний інститут (ОПІ), який одразу ж став провідним центром розвитку хімії в Україні. Під керівництвом професора Новоросійського університету Ю. І. Тимченка, установчий орган розробив проект положення щодо ОПІ та визначив його структуру. Спочатку інститут мав три факультети: механічний, інженерно-будівельний та економічний. Через відсутність приміщень хімічний факультет не було відкрито. Хімічні науки в ОПІ викладали професори Д. К. Добросердов, І. Є. Ададуров, О. М. Тарновський [207, с. 12].

Після реорганізації вищої освіти у 20-ті роки ХХ ст. в країні активно проводилась політика ліквідації неписьменності. У 1924 р. у ВНЗ і технікумах Одеси налічувалося 12 тисяч студентів. Згідно плану Народного Комісаріату освіти (Наркомпросу) УРСР, в Одесі передбачалося відкрити 15 науково-дослідних кафедр (НДК). Вчені Одеси підготували зустрічний план і надали його до наукового бюро Наркомпросу. У цьому плані кількість кафедр сягала 39, що відповідало б, на їх думку, внеску наукової громадськості Одеси у розвиток системи національної науки. Цей план було відхилений урядом УРСР²¹.

У 1927 році в Одесі існувало 7 наукових закладів і 12 науково-дослідних кафедр. Загальний штат НДК нараховував 123 особи. Одна з хімічних НДК, на чолі з професором П. І. Петренко-Критченком, працювала у вищому технікумі прикладної хімії, що був реорганізований з хімічного факультету Новоросійського університету. До її складу входило три професори, науковий співробітник і чотири аспіранти. На кафедрі працювали три

²¹ ЦДАВО, Ф. 166, оп. 12, спр. 426, арк.127–129.

секції: загальна хімія, яку очолював П. І. Петренко-Критченко; хімічна технологія – П. О. Трефільєв; радіологія – Е. С. Бурксер²².

У зв'язку з тим, що НДК працювали окремо від навчального процесу, на початку 30-х років XX ст. вони знову були перетворені на звичайні інститутські кафедри, де поєднувалися науково-дослідна й викладацька діяльність. У ці роки ОПІ так само, як і інші ВНЗ, був підпорядкований Народному комітету важкої промисловості Радянського Союзу, а інститут ректорів вишів змінюється на інститут директорів. Одночасно починається роз'єднання ОПІ. На його базі створюються галузеві інститути: енергетичний, електротехнічний, зв'язку, будівельний, консервний і хіміко-технологічний. Основні дослідження з хімічної технології відтепер були зосереджені в хіміко-технологічному інституті, який організували в 1927 р. Пізніше, у 1933 р., цей інститут як хіміко-технологічний факультет увійшов до складу Одеського індустріального, а згодом Одеського політехнічного інституту. На факультеті здійснювалася підготовка інженерів хіміків-технологів для хімічної промисловості за спеціальністю «Хімічна технологія неорганічних речовин». Хіміко-технологічний факультет інституту під керівництвом професора Е. К. Лопатто зробив вагомий внесок у розвиток науково-технічного прогресу в хімічній технології. За 35 років своєї інженерної та науково-педагогічної праці в Одесі Е. К. Лопатто розробив низку нових технологічних процесів та ефективних апаратів, дослідив кінетику фізико-хімічних нітрозних процесів окислення сірчаного газу. Теоретичні роботи Е. К. Лопатто сформували новий напрям у технології сірчаної промисловості. Вперше ним була вирішена проблема кінетики процесу, знайдені оптимальні режими нових продукційних апаратів, обґрунтований вибір їх конструкції [208, с. 34–37].

Послідовниками Е. К. Лопатто були його учні та співробітники кафедри технології неорганічних речовин М. Л. Варламов, І. Я. Крайній, В. В. В'язов, О. В. Кортнев, І. М. Каганський, О. Г. Большаков. За активної участі професора Е. К. Лопатто його учнями була створена технологія безперервного методу отримання суперфосфату – цінного мінерального добрива. Дослідна напівпромислова установка оригінальної конструкції, яка працювала за цим методом, була споруджена в 1936 р. на Одеському суперфосфатному заводі. Особливу увагу завідувач кафедри приділяв навчальному процесу та студентській науковій роботі [208, с. 60–61].

²² ЦДАВО, Ф. 166, оп. 12, арк. 1–10.



Рисунок 3.29 – І. Є. Ададуров

Крім загальних навчальних дисциплін, на хімічному факультеті ОПІ провідні вчені викладали спеціальні предмети з хімічної технології. Наприклад, професор І. Є. Ададуров (рис. 3.29) читав декілька дисциплін з хімічної технології: виробництво соди, контактна сірчана кислота, аміак і азотна кислота, кінетика газових реакцій, технічна електрохімія²³.

Під керівництвом професорів І. Є. Ададурова, Е. К. Лопатто, П. І. Петренко-Критченко, доцентів І. Я. Крайнього, М. П. Павлова, асистентів Г. К. Борескова, М. Л. Варламова майбутні інженери-хіміки не лише опановували навчальні курси, а й виконували наукові дослідження. Практику

вони проходили на заводах основної хімії у Горлівці, Константинівці, Воскресенську. Курсові роботи й дипломні проекти базувалися на реальних матеріалах і науковому підґрунті, а процес їх виконання постійно контролювався на засіданнях кафедри²⁴.

Водночас на факультеті проводилися важливі науково-дослідні роботи. Так, І. Є. Ададуров і його учень Г. К. Боресков на початку 30-х років ХХ ст. досліджували ванадієвий каталізатор для окислення сірчаного газу. І. Є. Ададуров також розробив метод «вологого каталізу» сірчаного газу, який на виробництві отримували під час окислення сірководню. Цей метод і дотепер застосовується на окремих коксохімічних заводах. Колектив вчених на чолі з Г. К. Боресковим, О. Г. Большаковим, В. В. В'язовим зосередив свою увагу на вивченні адсорбційних процесів. На початку Великої Вітчизняної війни за ініціативою та участю викладачів інституту в хімічному корпусі налагодили виробництво пляшок із запальною сумішшю, а також капсул-детонаторів для гранат і мін. Ці роботи виконувалися під керівництвом професора Е. К. Лопатто, доцентів М. Л. Варламова, В. В. В'язова, І. Я. Крайнього. У роки окупації міста інститут було евакуйовано до м. Пенза. Після визволення

²³ ДАОО, Ф. 4728, оп. 1, спр. 1, арк. 28.

²⁴ ДАОО, Ф. 4728, оп. 1, спр. 4, арк. 17–20.

Одеси від окупантів організація навчального процесу в ОПІ почалася вже на другий день. Поступово були відновлені, створені й розпочали роботу 20 кафедр, і вже у 1945 р. відбувся перший післявоєнний випуск інженерів²⁵.

Іншим осередком досліджень у галузі хімічної технології в Одесі був Український науково-дослідний інститут хімії (УНДІХ), який створили на базі радіологічної лабораторії Російського технічного товариства ще в 1910 р. Радіохімічні роботи в лабораторії на початку ХХ ст. на чолі з Е. С. Бурксером були пов'язані з вивченням мінералів, природних вод, повітря, гірських порід і здійснювали за участю В. І. Вернадського, з яким підтримувався тісний зв'язок ще з 1914 р. Ці дослідження були пов'язані з практичним використанням радіоактивних і рідкісних елементів у різних галузях науки, виробництва, медицини. У подальшому радіологічна лабораторія стала фундаментом для створення двох науково-дослідних інститутів: УНДІХ та УДІРідМет (Українська філія Державного інституту рідкісних металів) [209, с. 261–262].

Створений у 1925 р. УНДІХ до 1931 р. очолював професор Е. С. Бурксер (рис. 3.30). До складу цієї установи входило декілька лабораторій: радіологічна, лабораторія каталізу, фарб і лаків, шкіряного виробництва та ін. Найбільш важливі дослідження, які були започатковані в цьому інституті, стосувалися вивчення теорії й практики в галузі каталізу та проводилися під керівництвом Г. К. Борескова, який, починаючи з 1929 р., плідно співпрацював з професором І. Є. Ададуровим у лабораторії каталізу в Одеському хіміко-радіологічному інституті.



Рисунок 3.30 – Е. С. Бурксер

Значну роль у розвитку хімічної науки і технології відіграли вчені Дніпра (колишнього Катеринослава). До найстаріших навчальних технічних інституцій належить Катеринославське вище гірниче училище. Засноване ще в 1899 р., воно стало першим ВНЗ у Придніпров'ї, крім того, цей заклад дав життя більш ніж двом десяткам навчальних установ і науково-дослідних інститутів, серед яких Дніпропетровський хіміко-технологічний

²⁵ ДАОО, Ф. 4728, оп. 1, спр. 18, арк. 162–169.

інститут (1930), Дніпропетровський металургійний інститут (1930), Північно-Кавказький гірничо-металургійний інститут (1931), Науково-дослідний хімічний інститут ім. П. Г. Мелікішвілі в Тбілісі (1929), Московський зварювальний інститут (1925), Всесоюзний науково-дослідний конструкторсько-технологічний інститут трубної промисловості (1929), Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського в Києві (1927) та ін.

У 1912 р. Катеринославське вище гірниче училище було перетворено на гірничий інститут (КГІ). Вже в період становлення вишу тут формувалися такі наукові школи і напрямки: Я. І. Грдіна став одним із засновників кібернетики, П. Г. Рубін – металургії та коксохімії, В. О. Гуськов – збагачення корисних копалин, Л. В. Писаржевський – електронної хімії, М.Й. Лебедев – геології та стратиграфії Донбасу та ін.

Згідно з наказом Вищої Ради народного господарства СРСР у 1930 р. на базі Дніпропетровського гірничого інституту були відкриті 2 галузевих ВТУЗи. На базі металургійного факультету та заводського відділення факультету гірничозаводської механіки організовано Дніпропетровський металургійний інститут, а на основі хімічного факультету створено хімічний інститут зі спеціальностями: вуглехімічна й мінеральна технологія.

Важливі досягнення в галузі хімічної науки в Катеринославі пов'язані з діяльністю академіка Л. В. Писаржевського. Саме тут втілювався найбільш плідний і активний період його життя та діяльності. Творчий шлях відомого вченого відтворили у своїх працях чимало дослідників [210–214].

Особливий інтерес викликають наукові дослідження Л. В. Писаржевського з хімічної кінетики й каталізу. Учений працював над цілою низкою важливих проблем сучасної хімії, серед яких: хімічна термодинаміка, механізми перебігу реакцій, хімічна будова, каталіз, електрохімія. Його науковий доробок умовно можна поділити на три великих наукових напрямки: дослідження пероксидів і надкислот; вивчення рівноваги у розчинах; створення «електронної хімії». Саме два останніх, які стосуються кінетики каталітичних процесів, були започатковані Л. В. Писаржевським на початку ХХ ст. у Катеринославському вищому гірничому училищі, де він очолював кафедру загальної та неорганічної хімії²⁶.

На кафедрі ним було розпочато перші експериментальні роботи в галузі електронної хімії. Але на той час Л. В. Писаржевський був змушений також виконувати роботи, що мали прикладний характер і були спрямовані на вирі-

²⁶ ЦДАВО, Ф. 166, оп. 12, спр. 5894, арк. 7–12.

шення завдань оборонного значення. У 1922 р. в інституті була створена перша в історії України науково-дослідна кафедра електронної хімії, яку очолив Л. В. Писаржевський. На кафедрі працювали три секції: електронної теорії – керівник Л. В. Писаржевський; валентності – керівник Ю. В. Коршун і фізики – О. Е. Малиновський²⁷.

Багато уваги члени секції електронної теорії приділяли вивченню будови металів. Результати цих досліджень дозволили Л. В. Писаржевському дійти висновку, що «рухомі вільні електрони металів повинні бути одним із знарядь каталітичної дії останніх». Цей висновок увійшов до надрукованої в 1923 р. монографії «Электрон в химии растворов» [215].

Поступово, впродовж накопичення експериментального матеріалу у Л. В. Писаржевського виник інтерес до явищ каталізу. Саме в 1920-ті роки ним були окреслені контури першої електронно-іонної теорії каталізу, наукового підходу до вивчення каталізу. Почалися широкі та глибинні дослідження каталітичних процесів, які пізніше були продовжені й розвинуті учнем і послідовником Л. В. Писаржевського академіком АН УРСР В. А. Ройтером і фахівцями зі створеної ним наукової школи. Праці Л. В. Писаржевського в галузі електрохімічної теорії розчинів згодом продовжив його учень академік АН УРСР О. І. Бродський. Розвиток електричних уявлень з хімії викликав інтерес у Л. В. Писаржевського до фотохімії, до досліджень дії випромінювань на речовину та хімічні процеси. Проблемні питання в цьому напрямку розвинув у своїх працях також його учень проф. Б. Я. Даїн. Створення електронної хімії докорінно перестроювало неорганічну хімію, електрохімію, вчення про окислювально-відновні процеси, спричинило виникнення фотохімії та радіаційної хімії. Цикл праць Л. В. Писаржевського і його учнів в галузі електронної теорії гетерогенного каталізу стали підґрунтям до теорії окисно-відновного каталізу, який розробили його учні – В. А. Ройтер, М. В. Поляков, М. О. Розенберг та ін. Зокрема, В. А. Ройтер (рисунок 3.31), відомий



Рисунок 3.31 – В. А. Ройтер

дослідник в галузі кінетики й каталізу, автор численних праць з вивчення

²⁷ ЦДАВО, Ф. 166, оп. 2, спр. 462, арк. 98.

мікрокінетичних факторів у каталізі, обґрунтував електронний механізм відновлення пероксиду гідрогену на металах. Він також досліджував процес адсорбції гідрогену й азоту на залізо-молібденових каталізаторах. Широко відомі його дослідження, які присвячені розкриттю механізму процесів синтезу аміаку, конверсії оксиду вуглецю. Запропонований В. А. Ройтером каталітичний метод очищення повітря від домішок ацетилену, став початком розвитку каталітичних методів очищення газів²⁸.

Почавши під науковим керівництвом Л. В. Писаржевського свою дослідницьку діяльність, М. В. Поляков був першим, хто запропонував теорію гетерогенного каталізу. Спочатку його теорія не була визнана, але завдяки глибокому обґрунтуванню та багаторічним дослідженням ідея гетерогенного каталізу стала однією з важливих сучасних проблем в галузі фізичної хімії. Особливо широко М. В. Поляковим у співдружності з Ф. М. Вайнштейном та І. Е. Неймарком було вивчено технічно важливі реакції синтезу аміаку й механізм його окислення з урахуванням електронних властивостей поверхні каталізаторів [216–217].

Для подальшого розвитку досліджень в галузі електронної та фізичної хімії на базі науково-дослідної кафедри електронної хімії, яку очолював Л. В. Писаржевський, у 1924 р. у Дніпрі було створено перший в Україні Інститут фізичної хімії. Цей інститут згодом переїхав до Києва й перетворився на Інститут фізичної хімії АН УРСР (ІФХ АН УРСР), а в 1936 р. Л. В. Писаржевський створив у ньому відділ прикладного каталізу, який очолював до 1938 р. [213, с. 130–133].

Велика науково-дослідна робота в галузі кінетики каталітичних процесів у 1930-ті роки також здійснювалася на кафедрі технології неорганічних речовин у Дніпропетровському хіміко-технологічному інституті. Ця кафедра була створена в 1936 р за активною участю учня Л. В. Писаржевського академіка О. І. Бродського. Протягом кількох довоєнних років на цій кафедрі під керівництвом професора О. В. Баранова досліджувалися хімізм і кінетика отримання азотної кислоти. Запропонований кафедрою оригінальний спосіб поглинання азотної кислоти було впроваджено у промисловість. У післявоєнний період, починаючи з 1943 р., після повернення інституту з евакуації у Кемерово, кафедру ТНР очолив В. О. Ройтер. Колектив кафедри під його керівництвом розпочав дослідження одного з найважливіших напрямків неорганічної хімії – кінетика й

²⁸ Архів Президії АН УРСР, Ф. 31, оп. 1, спр. 129, арк. 17–22.

каталіз хімічних реакцій. У 1950–1960 рр. науково-дослідна робота на кафедрі набула нових напрямків, зокрема, вивчення закономірностей комплексоутворення та кислотно-основної рівноваги у неводних розчинах. Одним із основних наукових напрямів з середини 1960-х рр. стали дослідження кінетики процесів масообміну на засадах високотурбулентного режиму, що здійснювалися під керівництвом проф. С. М. Ганза. У зв'язку з цим співробітники кафедри працювали над створенням нових типів інтенсивних абсорбційних апаратів, досліджували процеси отримання сірководню, оксиду та діоксиду вуглецю, аміаку та інших газів. Характерною особливістю робіт, що виконувалися в ті роки на кафедрі, було поєднання процесів очищення газів з отриманням цінних для сільського господарства мінеральних добрив, багаторічні випробування яких підтвердили їх високу ефективність. Також слід підкреслити, що крім практичного значення, ці роботи мали й теоретичний інтерес. Так, наприклад, проф. С. М. Ганз висунув й обґрунтував теорію інтенсифікації процесу окислення оксиду азоту в рідкій фазі за умов високотурбулентного режиму. Тепер ця теорія є загальновизнаною. Це дозволило розширити межі застосування теорії подібності й аналізу розмірностей на процеси масообміну.

З середини 1970-х рр. напрямки наукової діяльності на кафедрі ТНР зазнали змін. Під керівництвом проф. Б. О. Бовикіна було започатковано нові напрями наукових досліджень: хімія координаційних сполук, що використовуються як фізіологічно активні речовини, каталізатори та матеріали для нової техніки, медицини та сільського господарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Архів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Ф. Р-1682.

Державний архів Львівської області. Ф. Р-120. – фонд Львівського політехнічного інституту

Державний архів м. Києва. Ф. 18 – фонд Київського політехнічного інституту.

Державний архів Одеської області. Ф. 4728 – фонд Одеського хіміко-технологічного інституту.

Державний архів Одеської області. Ф. Р-126 – фонд Одеського політехнічного інституту.

Державний архів Харківської області. Ф. 770 – фонд Харківського технологічного інституту.

Державний архів Харківської області. Ф. Р-1682 – фонд Харківського політехнічного інституту.

Державний архів Харківської області. Ф. Р-3993 – фонд Харківського механіко-машинобудівного інституту.

Державний архів Харківської області. Ф. Р-4203 – фонд Харківського хіміко-технологічного інституту.

Державний архів Харківської області. Ф. Р-5404 – фонд Харківського електротехнічного інституту.

Державний архів Харківської області. Ф. Р-5868 – фонд особистого користування. В. І. Атрощенко.

Центральний Державний архів вищих органів влади та управління України. Ф. 166 – фонд Міністерства народної освіти України.

Архів Президії АН УРСР. Ф. 31 – особова справа акад. міка В.А. Ройтера

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Эволюция человека // Древо познания: Универсальный справочник. Серия Планета Земля. – Вып. 164. – Лондон-Киев: ДП «Маршал Кавендиш», 2005. – С. 435–436.
2. Бернал Дж. Наука в истории общества / Дж. Бернал. – М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1956. – 735 с.
3. Радиоуглеродная датировка // Древо познания: Универсальный справочник. Серия Планета Земля. – Вып. 238. – Лондон-Киев: ДП «Маршал Кавендиш», 2006. – С. 771 – 772.
4. Трипільська цивілізація у спадщині України: Матеріали наук.-практ. конф., 30–31 травня 2003 р. м. Київ. – К.: «Просвіта», 2004. – 328 с.
5. Зворыкин А. А. История техники / А. А. Зворыкин, Н. И. Осьмова, В. И. Чернышев, С. В. Шухардин. – М. : Соцэкгиз, 1962. – 576 с.
6. Ткачук Н. А. Континуальная и дискретно-континуальная модификация поверхностей деталей / Н. А. Ткачук, С. С. Дьченко, Э. К. Посвятенко и др. – Х. : «Щедра садиба плюс», 2015. – 259 с.
7. Техника в ее историческом развитии. От появления ручных орудий труда до становления техники машинно-фабричного производства / Отв. ред. С. В. Шухардин. – М. : Наука, 1979. – 416 с.
8. Отрощенко В. В. Бронзовий вік / В. В. Отрощенко // Енциклопедія сучасної України. – Т.3. – К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2004. – С. 485.
9. Бунятян К. П. Залізний вік / К. П. Бунятян // Енциклопедія сучасної України. – Т.10. – К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2010. – С. 181–184.
10. Кирилин В. А. Страницы истории науки и техники / В. А. Кирилин. – М. : Наука, 1989. – 494 с.
11. Костогриз С. Г. Історія інженерної діяльності: Навч. посібник / С.Г. Костогриз. – Хмельницький : ХНУ, 2014. – 250 с.
12. Козлова М. С. Теория эволюции и проблема происхождения человека / М. С. Козлова // Социокультурные проблемы развития науки и техники: Сб. трудов. – Вып. 6. – М.: ИИЕТ РАН, 2011. – С. 113–126.
13. Храмов Ю. О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій та відкриттів: Монографія / Ю. О. Храмов. – К. : Феникс, 2012. – 816 с.
14. Бесов Л. М. Наука і техніка в історії суспільства: Навч. посібник / Л. М. Бесов. – Х. : Золоті сторінки, 2011. – 464 с.
15. Энгельс Фридрих. Диалектика природы / Фридрих Энгельс. – М. : Гос. изд-во политической лит-ры, 1950 – 328 с.
16. Бородин В. С. Т. Г. Шевченко. Біографія: Монографія / В. С. Бородин, Є. П. Кирилюк, В. Л. Смілянська та ін. – К. : Наукова думка, 1984. – 560 с.
17. Техника в её историческом развитии. 70-е года XIX – начало XX в. / отв. ред. С. В. Шухардин. – М. : Наука, 1982. – 511 с.
18. Иванов Б. И. Становление и развитие технических наук / Б.И. Иванов, В. В. Чешев. – Л.: Наука, 1977. – 264 с.
19. Попович М. В. Вернадський Володимир Іванович / М. В. Попович, Д. Є.Макаренко // Енциклопедія сучасної України. – Т.4. – К.: Інститут енциклопедичних досліджень НА України, 2005. – С. 271.
20. Меркуленко В. Д. Нафтопереробна промисловість / В.Д. Меркуленко // Українська радянська енциклопедія. – Т.7. – К.: Головна редакція Української радянської енциклопедії, 1982. – С. 273.

21. Танкоград: История. Люди. События / Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, Е. Е. Александров, Л. М. Бесов, И. Е. Александрова. – Х.: НТУ «ХПИ», 2004. – 236 с.
22. Посвятенко Э. К. Повышение износостойкости коленчатых валов форсированных дизелей большой мощности / Э. К. Посвятенко, В. Д. Гончаров, С. С. Дьяченко // Резание и инструмент в технологических системах. – 2009. – Вып. 77. – С. 53–65.
23. Загорский Ф. Н. Очерки по истории металлорежущих станков до середины XIX века / Ф. Н. Загорский. – М.-Л.: изд.-во АН СССР, 1960. – 282 с.
24. Мости Києва. Збірка краєзнавчих статей. – К.: <http://1000-ліття-української-культури>, 2008. – 69 с.
25. Ковалинский В. В. Семья Терещенко: Монография / В. В. Ковалинский. – К.: Преса України, 2003. – 388 с.
26. Бурдейний П. А. Вінницька область / П. А. Бурдейний, І. О. Пшук // Українська радянська енциклопедія. – Т.2. – К.: Головна редакція Української радянської енциклопедії, 1978. – С. 301–304.
27. Короленко В. Г. Дети подземелья. Дневники (1917–1921) / В. Г. Короленко; Худож.-оформитель Л.П. Вировец. – Х.: Фолио, 2013. – 478 с.
28. Родин П. Р. Металлорежущие инструменты: Учебник / П. Р. Родин. – К.: Вища школа, 1986. – 455 с.
29. Посвятенко Э. К. К истории зубчатого зацепления в машиностроении / Э. К. Посвятенко, Н. И. Посвятенко, А. В. Кривошея // Инженерия поверхности и реновация изделий: Матер. 13-й междунар. науч.-техн. конф., 3–7 июня 2013 г., г. Ялта. – К.: АТМ України, 2013. – С. 218–223.
30. Посвятенко Э.К. Основные этапы развития зубчатого зацепления / Э. К. Посвятенко, Н. И. Посвятенко // Качество, стандартизация, контроль: теория и практика. – К.: АТМ України, 2013. – С. 126 – 129.
31. Дмитриченко Н. Ф. Тенденции поверхностного упрочнения зубчатых колес в автомобилестроении / Н. Ф. Дмитриченко, Б. А. Ляшенко, Э. К. Посвятенко // Надійність і довговічність машин і споруд. – К.: Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України. – 2005. – Вип. 24. – С. 127 – 144.
32. Петров В. В. Известие о гальвани-вольтовых опытах, которые проводил профессор физики Василий Петров // В. В. Петров. – С.-Петербург, 1803. – 194 с.
33. Корниенко А. Н. 200 лет электрической дуге / А. Н. Корниенко // Сварочное производство. – 2002. – № 3. – С. 58 – 59.
34. Посвятенко Е. К. Започаткування зварювання та споріднених процесів / Е. К. Посвятенко, Н. І. Посвятенко // Инженерия поверхности и реновация изделий: Матер. 14-й междунар. науч.-техн. конф., 2 – 6 июня 2014 г., г. Свалява. – К.: АТМ України, 2014. – С. 105 – 110.
35. Корж В.Н. Газотермічна обробка матеріалів: Навч. посібник / В. М. Корж. – К.: Екотехнологія, 2005. – 195 с.
36. Инженерия поверхні: Підручник / К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В. Д. Кузнецов, В. М. Корж. – К.: Наук. думка, 2007. – 559 с.
37. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / под ред. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.
38. Повстенъ В. О. Фізичні основи та джерела живлення зварювальної дуги: Навч. посібник / В. О. Повстенъ, Е. К. Посвятенко. – К.: Арістей, 2004. – 168 с.
39. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П. А. Витязь,

В. С. Ивашко, А. Ф. Ильющенко и др. – Минск: Белорусская наука, 1998. – 583с.

40. Посвятенко Е.К. Захисні гази у практиці отримання покриттів напленням / Е.К. Посвятенко, Н.І. Посвятенко // Инженерия поверхности и реновация изделий: Матер. 15-й междунар. науч.-техн. конф., 1 – 5 июня 2015 г., Одесская обл., смт. Затока. – К.: АТМ України, 2015. – С. 183 – 186.

41. Літвінов О.П. Зварювальні технології в УРСР в умовах науково-технічної революції другої половини ХХ ст.: Монографія / О.П. Літвінов. – Переяслав-Хмельницький: ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет ім. Григорія Сковороди», 2014. – 450 с.

42. Хавронюк М.І. Винахід / М.І. Хавронюк // Енциклопедія сучасної України. – Т.4. – К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2005. – С. 408.

43. Блинников В.И. Патент: от идеи до прибыли / В.И. Блинников, В.В. Дубровская, В.В. Сергиевский. – М.: Мир, 2002. – 333 с.

44. Кузнецов Ю.М. Патентознавство та авторське право: Підручник / Ю.М. Кузнецов. – К.: Кондор, 2005. – 428 с.

45. Мясоутов Ш.К. Відкриття наукове / Ш.К. Мясоутов // Енциклопедія сучасної України. – Т.4. – К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2005. – С. 496.

46. Инструменты из сверхтвердых материалов / под ред. Н.В. Новикова и С.А. Клименко. – М.: Машиностроение, 2014. – 608 с.

47. Усенко О. Реформа технічного регулювання як запорука інтеграції України до світового господарства / О. Усенко // Підприємництво, господарство і право. – 2009. – № 10. – С. 226-229.

48. Тверитникова О.Є. Метрологічна служба України наприкінці ХІХ-40 рр. ХХ ст. / О.Є. Тверитникова // Історія науки на межі тисячоліть. – Київ : вид-во Академії наук Вищої школи, 2002. – Вип. 10.

49. Салухіна Н. Г. Стандартизація та сертифікація товарів і послуг: Підручник / Н. Г. Салухіна, О. М. Язвінська. — К.: Центр учбової літератури, 2010. – 336 с.

50. Основи стандартизації та сертифікації [Текст] : підручник для студентів вищ. навч. закл. / О. М. Величко, В. Ю. Кучерук, Т. Б. Гордієнко, В.М.Севастьянов. За заг. ред. О.М.Величка. - Херсон : Олді-плюс, 2013. - 364 с.

51. Широков К.П. 100 лет метрической конвенции / К.П. Широков, В.А. Балалаев, П.Н. Селиванов. –М.: Изд-во стандартов, 1975. –101 с.

52. Сертифікація и подтверждение соответствия в Украине: Учеб. пособие / С.И. Кондрашов, Л.В. Константинова и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – 368 с.

53. Velychko O., Gordiyenko T. The use metrological terms and SI units in environmental guides and international standards // Measurement. – 2007. – Vol.

54. Garvin, P. M. (2000), ISO Certification benefits, reality or myth? //The TQM Magazine, Vol. 6, pp. 365-376.

55. Цюцюра С. В.Метрологія, основи вимірювань, стандартизація та сертифікація : навч. посібник / С. В. Цюцюра, В. Д. Цюцюра. - 3-є вид. - К. : Знання, 2006. - 242 с. : ил. - (Вища освіта ХХІ століття)

56. Шаповал М. І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації: Підручник. – 3-тє вид. – К.: Європейський університет фінансів, інформації, систем, менеджменту і бізнесу, 2000. – 174 с.

57. Храмова-Баранова О. Л. Стандартизація: основні аспекти розвитку /

О.Л. Храмова-Баранова // Наука та наукознавство : Міжнародний науковий журнал. - 2009. - № 4. - С. 61–67.

58. Ляшуга І.Ю. Становлення системи національної метрологічної служби України / І.Ю. Ляшуга // Наукові праці історичного факультету Запорізького національного університету. - 2017. - № 47.

59. Тверитникова О.Є. Нариси історії розвитку прикладних технічних наук в Україні. З досвіду Харківського технологічного інституту Монографія / О.Є. Тверитникова, Н.І. Посвятенко, Т.В. Мельник. Під заг. ред. Е.К. Посвятенко. – Харків, 2015. – 276 с.

60. Віткін Л. М. Подальший розвиток системи технічного регулювання у Європейському Союзі на прикладі Франції та Болгарії// Стандартизація, сертифікація, якість. – 2009. – №6.

61. Історія України: нове бачення / Верстюк В.Ф., Гончаров О.В., Даниленко В.М. та ін. / Під ред. В.А. Смолія. – К.: Україна, 1995. – Т.2. – 494 с.

62. Жорнік Н.І. Розвиток знань про процеси різання матеріалів з найдавніших часів до початку ХХ століття // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: Зб. наук. пр. – К.: НТУ, ТАУ, 2002. – Вип. 15. – С. 84–88.

63. Голян–Нікольський А.Ю. Вклад вітчизняних вчених у розвиток світової науки і техніки. – К., 1954. – 29 с.

64. Надеинская Е.П. Новые конструкции режущих инструментов, обеспечивающих высокопроизводительную обработку металлов резанием // Материалы совещания по нормативам в области обработки металлов резанием. – М.: Центральное бюро техн. информ., 1954. – С. 86–100.

65. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов, В.Н. Марков / Под ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.

66. Корнієнко О. Таємниця булатної сталі // Науковий світ. – 2000. – № 12. – С.14–15.

67. История науки и техники: курс лекций / Морозов В.В., Ковалевский В.В., Бесов Л.М., Николаенко В.И. – Х.: ХГПУ, 1997. – 248 с.

68. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

69. Пионеры машинной индустрии. – М.–Л.: изд-во АН СССР, 1937. – 294 с.

70. Кислов В.В., Кузьменко С.Н. Развитие техники резания материалов на Украине с древнейших времен до начала ХХ века. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля АН Украины, 1992. – 56 с.

71. Посвятенко Е.К., Жорнік Н.І. Історичний аспект розвитку досліджень обробки матеріалів різанням: період становлення // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: Наук. журнал. – К.: НТУ, ТАУ, – 2003. – Вип. 17. – С. 123–128.

72. Іскович-Лотоцький Р.Д., Севост'янов І.В. Історія інженерної діяльності: Навч. посіб. В 2 ч. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – Ч.2. – 126 с.

73. Бесов Л.М. Історія науки і техніки з найдавніших часів до кінця двадцятого століття. – Х., 2000. – 251 с.

74. Конфедератов П.Я. Джеймс Уатт – изобретатель паровой машины. – М.: Наука, 1969. – 84 с.

75. Топчеев Ю.И. История создания устройств и систем автоматического управления // История науки и техники. – 2002. – №8. – С.2–19.

76. Лебедев В. И. Исторические опыты по физике (рассказ о замечательных физиках прошлого) / В. И. Лебедев. – М. – Л. : ОНТИ, глав. ред. научно-

популярной и юношеской лит., 1937. – 312 с.

77. Поливанов К. М. Очерки по истории энергетической техники. Развитие теоретической электротехники / К. М. Поливанов; под ред. Л. Д. Белькинда. – М. – Л. : Госэнергоиздат, 1956. – 48 с.

78. Храмов Ю. А. Физики: биограф. справ. – 2-е изд., испр. и доп. / Ю. А. Храмов, 1983. – 400 с.

79. Льюис Марио. История физики / Марио Льюис. – М. : Мир, 1979. – 464 с.

80. Тверитникова О. Є. Формування теоретичної бази для розвитку електротехніки як галузі технічних наук у ХІХ ст. / О. Є. Тверитникова, А. Я. Дульфан // Вісник НТУ «ХПІ»: збір. наук. праць. Автоматика та приладобудування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2008. – № 31. – С. 149–152.

81. История электротехники / Я. А. Шнейберг [и др.]; под общ. ред. И. А. Глебова. – М. : Изд-во МЭИ, 1999. – 523 с.

82. Шателен М. А. Электротехника в Академии наук СССР за 220 лет / М. А. Шателен, М. И. Радовский // Электричество. – 1945. – № 6. – С. 11–17.

83. Дуков В. М. Электродинамика (История и методология макроскопической электродинамики) / В. М. Дуков. – М. : Высшая школа, 1975. – 248 с.

84. Фигуровский Н. А. Очерки общей истории химии от древнейших времен до начала ХІХ в. / Н. А. Фигуровский. – М. : Наука, 1969. – 455 с.

85. Лукьянов П. М. История химических промыслов и химической промышленности России / П. М. Лукьянов. – М–Л : изд-во АН СССР, 1948. – 543 с.

86. Быков Г. В. Становление химии как науки / Г. В. Быков. – М. : Наука, 1983. – 463 с.

87. Вольфкович С. И. Общая химическая технология / С. И. Вольфкович, А. П. Егоров, Д. А. Эпштейн. – М : Госхимиздат, 1953. – 631 с.

88. Химическая технология: под ред. А. В. Белоцветова. – М. : Просвещение, 1971. – 359 с.

89. Очерки по истории химии : под ред. Соловьева Ю. И. – М. : изд-во АН СССР, 1963. – 427 с.

90. Ломоносовский сборник. Материалы для истории развития химии в России. – М., 1902. – 710 с.

91. Прянишников Н. Д. Азот в жизни растений и земледелии СССР / Н. Д. Прянишников. – М. – Л. : изд-во АН СССР, 1945. – 199 с.

92. Курс технологии связанного азота / В. И. Атрощенко, А. М. Алексеев и др. – М. : Химия, 1969. – 384 с.

93. Гамбург Д. Ю. Страницы из истории синтеза аммиака / Д. Ю. Гамбург // Успехи химии, 1946, – № 15. – С. 732–754.

94. Гессен Ю. Ю. Очерки истории производства соды / Ю. Ю. Гессен. – Л–М, 1951. – 178 с.

95. Мельник Т. В. З історії розвитку основної хімічної технології : виробництво соди / Т. В. Мельник // Питання історії науки і техніки. – К. : 2011. – № 4. – С. 47–53.

96. Якименко Л. М. Производство хлора, каустической соды и хлорпродуктов / Л. М. Якименко. – М. : Химия, 1974. – 600 с. (96)

97. Федотьев П. П. Аммиачно-содовый процесс с точки зрения учения о фазах. / П. П. Федотьев // Изв. С-П политехнического института, 1904. – Т. 2. – Вып. 3–4. – С. 281–334.

98. Атрощенко В. И. О развитии основной химической промышленности / В. И. Атрощенко // Труды Харьковского политехнического института. – 1958.

– Т. XVII. – Вып. 5. – С. 5 – 10.

99. Маркс, К., Энгельс Ф. Твори. – Т.1. – С. 599.

100. Маркс К., Энгельс Ф. Твори. – Т. 39. – С. 174.

101. Уварова Л.И. Особенности становления технических наук / Л.И. Уварова // Технические науки и их применение в производстве. – М.: Наук, 1983. – С. 11–20.

102. Кирилин В.А. Страницы истории науки и техники / В.А. Кирилин. – М.: Наука, 1986. – 511 с.

103. Лахтин Ю.М. Материаловедение / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева–М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

104. Челюсткин А.Н. Теория резания / А.Н. Челюсткин. – М.-Л.: Госмашметиздат, 1932. – 272 с.

105. Русские ученые – основоположники науки о резании металлов. Жизнь, деятельность и избранные труды / Под ред. Г.И. Грановского и К.П. Панченко – М., 1952. – 479 с.

106. Trent Edward M., Wright Paul K. Metal cutting. – 4th ed. – Boston: Butterworth–Heinemann, 2000. – 446 с.

107. Очерки истории техники в России (1861–1917): Горное дело, металлургия, энергетика, электротехника, машиностроение. – М: Наука, 1973. – 404 с.

108. Беспрозванный И.М. Резание металлов в отечественной науке (к 80-летию первых научных работ по теории резания) / И.М. Беспрозванный // Вестник машиностроения. – 1948. – № 6. – С.59–63.

109. Hartig. Versuche über Leistung und Arbeits // Verbrauch der Werkzeugmaschinen. – Leipzig, 1873. – S.21.

110. Жорнік Н.І. Історичні межі періоду становлення науки про різання матеріалів / Н.І. Жорнік // Резание и инструмент в технологических системах. – 2004. – Вып.66. – С. 47–60.

111. Tresca H. Sur l'écoulement des corps solides soumis à de fortes pressions // Comptes Rendus. – 1864. – Vol. 59. – P.754.

112. Маслов Е.Н. Русские ученые – основоположники и создатели науки о резании металлов / Е.Н. Маслов // Вестник машиностроения. – 1950. – № 5. – С. 53–58.

113. Маслов Е.Н. Русские ученые – основоположники и создатели науки о резании металлов / Е.Н. Маслов // Вестник машиностроения. – 1950. – № 6. – С. 62–66.

114. Кривоухов В.А. Работы отечественных ученых в области резания металлов / В.А. Кривоухов // Станки и инструмент. – 1948. – № 3. – С. 9–12.

115. Розенберг А.М. Двигать вперед советскую науку о резании металлов / А.М. Розенберг // Красное знамя: Орган Томского горкома ВКП(б) и городского Совета депутатов трудящихся. – 1949. – 19 ноября. – С.2.

116. Развитие науки о резании металлов / Под ред Н.Н. Зорева. – М.: Машиностроение, 1967. – 416 с.

117. Усачев Я.Г. Явления, происходящие при резании металлов / Я.Г. Усачев // Известия Петроградского политехнического института. – 1915. – Т. XXIII, вып.1. – С. 339–386.

118. Посвятенко Е.К. Фредерік Уінслоу Тейлор / Е.К. Посвятенко, Н.І. Посвятенко // Качество, стандартизация, контроль: Теория и практика. Матер. 16-й мужд. науч.-практич. конф. – К.: АТМ Украины, 2016. – С. 126–135.

119. Рудник С.С. Теорія різання металів / С.С. Рудник – К.: ОНТВУ-Машбудвидав, 1932. – 240 с.

120. Тейлор Ф. Искусство резать металлы: Предисловие А.Д. Гатцука / Ф. Тейлор. – С-Пб., 1909. – С. IX.
121. Nikolson J.T. The Engineer. – 1905. – Vol. 99. – P.385.
122. Кнаббе В.С. Фреза и ее роль въ современномъ машиностроении / В.С. Кнаббе. – Харьков: типо-литографія Зильберга, 1892. – 353 с.
123. Кнаббе В.С. Современные машиностроительные заводы и применяемые ими новые способы холодной обработки металлов / В.С. Кнаббе. – Харьков: типография и лит. М. Зильберберг и с-вья, 1910. – 256 с.
124. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
125. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах: Пер с англ. / Г. Хакен. – М.: Мир, 1985. – 419 с.
126. Канарчук В.Є. Синергетичні аспекти циклічного руйнування сталі / В.Є. Канарчук, Е.К. Посвятенко, В.І. Шевченко // Вісник Національного транспортного університету та Транспортної академії України. – К., 2002. – Вип.7. – С.7–13.
127. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями / А.С. Верещака. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.
128. Посвятенко Э.К. Гибридные процессы инженерии поверхности деталей машин / Э.К. Посвятенко // Инженерия поверхности и реновация изделий: Материалы 8-й межд. науч.-техн. конф. – К.: АТМ Украины, 2008. – С. 195–198.
129. Посвятенко Н.І. Формування взаємовпливу складових технологічної системи в обробці матеріалів різанням у XVIII–XXI сторіччі / Н.І. Посвятенко // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сб. науч. тр. Тематич. вып.: Технология машиностроения. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – Вып. 34. – С. 78 – 91.
130. Віктор Львович Кирпичов – перший директор. До 150-річчя від дня народження // Київський політехнік. – 1995. – 28 вересня. – № 26 (2329). – С.1–2.
131. Ковалев К.В. Выдающийся деятель русской науки и техники Виктор Львович Кирпичев (к 40-летию со дня смерти) / К.В. Ковалев // Труды ХПИ им. В.И. Ленина: Серия металлургия и машиностроение. – 1954. – Т.V, вып. 2. – С. 3–11.
132. Чеканов А.А. Виктор Львович Кирпичев. 1845–1913 / А.А. Чеканов. – М.: Наука, 1982. – 175 с.
133. Кнаббе В.С. Курс механической технологии: В 2 ч. / В.С. Кнаббе. – Харьков, 1888. – Ч. 2: Механическая обработка металлов. – 65 с.
134. Программа по металлообделочным станкам и инструментам // Известия Харьковского технологического института императора Александра III./ Под ред. Н.Д. Пильчикова. – Харьков, 1906. – Т.2 – С. 204–207.
135. Программа по металлообделочным станкам и инструментам // Известия Харьковского технологического института императора Александра III./ Под ред. Н.Д. Пильчикова. – Харьков, 1908. – Т.4 – С. 175–180.
136. Жорнік Н.І. Рання історія вітчизняних наукових шкіл у вищих технічних закладах України / Н.І. Жорнік // Харківський держ. пед. ун-т ім. Г.С. Сковороди: Зб. наук. пр. Серія: Історія та географія. – 2001. – Вип.8. – С. 56 – 61.
137. Зворыкин К.А. Технология дерева. Курс, читанный в Харьковском практическом технологическом институте в 1896/97г. / К.А. Зворыкин. – Харь-

ков: типо-литография И.М.Варшавчика, 1896. – Вып. 1. – 128 с.

138. Онопрієнко В.І. Історія української науки ХІХ–ХХ століть: Навчальний посібник / В.І. Онопрієнко. – К.: Либідь, 1998. – 304 с.

139. Кнаббе В.С. Механическая технология металлов / В.С. Кнаббе. – Харьков: Типо-литография Зильберга, 1908. – 824 с.

140. Известия Харьковского технологического института императора Александра III / Под ред. проф. Н.Д. Пильчикова. – Харьков, 1908. – Т.4 – 208с.

141. Отчет о состоянии Харьковского технологического института за 1903 г. // Известия Харьковского технологического института императора Александра III / Под ред. проф. Н.Д. Пильчикова. – Харьков, 1905. – Т.1– С.1–108.

142. Рибалка І.К. Історія України: В 2-х ч. / І.К. Рибалка – Х.: Основа, 1997. – Ч 2: Від початку ХІХ ст. до лютого 1917 р. – 480 с.

143. Оноприенко В.И. Становление высшего технического образования на Украине / В.И. Оноприенко, Т.А. Щербань. – К.: Наук. думка, 1990. 140 с.

144. Катков Д.С. Исследование и использование станков по обработке металла. Практическое руководство / Д.С. Катков. – Х.: гос. изд-во Украины, 1925. – 128 с.

145. Довгий С.О. Наука та освіта в Україні: сучасні проблеми і можливі шляхи їх вирішення / С.О. Довгий // Наука та наукознавство. – 2001. – № 2. – С. 104–109.

146. Симоненко О. Д. О развитии переменных токов в электротехнике в конце ХІХ – начале ХХ в. / О. Д. Симоненко // Из истории энергетики, электроники и связи. – М. : Наука, 1983. – Вып. 14. – С. 226–229.

147. Линдер Г. Картина современной физики / Г. Линдер. – М. : Мир, 1977. – 272 с.

148. Кудрявцев П. С. История физики и техники / П. С. Кудрявцев, И. Я. Конфедератов. – М. : Просвещение, 1965. – 517 с.

149. Храмов Ю. А. Биография физики. Хронологический справочник / Ю. А. Храмов. – К. : Техника, 1983. –344 с.

151. Рейн Д. Д. Журнал «Электричество» (1880-1955 гг.) / Д. Д. Рейн // Электричество. – 1955. – № 7. – С.130–139

152. Веселовский О. Н. Энергетическая техника и её развитие / О. Н. Веселовский, Я. А. Шнейберг. – М. : Высш. шк., 1976. – 304 с.

153. Храмов Ю. А. История физики / Ю. А. Храмов. – К. : Феникс, 2006. – 1176 с.

154. Храмой А. В. Очерки развития автоматики в СССР. Дооктябрьский период / А. В. Храмой. – М. : Изд-во АН СССР, 1956. – 221 с.

155. История энергетической техники; изд. 2-е, пер. / Л. Д. Белькинд, О. И. Веселовский, И. Я Конфедератов, Я. А. Шнейберг. – М. : Госэнергоиздат, 1960. – 654 с.

156. Гусев С. А. К 75-летию изобретения трансформатора / С. А. Гусев // Электричество. – 1951. – № 12. – С. 67–71.

157. Аптекарь М. Д. История инженерной деятельности / М. Д. Аптекарь, С. К. Рамазанов, Г. Е. Фрегер. –К. : Аристей, 2003. – 568 с.

158. Мокина С. М. Творческое наследие В. Н. Чиколева (1845-1898). / С. М. Мокина // Проблемы культурного наследия области инженерной деятельности: сб. статей. – М. : Информ-знание, 2002. – Вып 3. – С. 102–107.

159. Поливанов К. М. Очерки по истории энергетической техники. Развитие теоретической электротехники / К. М. Поливанов; под ред. Л. Д. Белькин-

да. – М. – Л. : Госэнергоиздат, 1956. – 48 с.

160. Матійко М. М. Нариси з розвитку прикладної електротехніки в СРСР / М. М. Матійко. – К. : Радянська школа, 1957. – 397 с.

161. Ляммер М. Монография об электротехнической промышленности. Составлена по поручению Центрального союза германской электротехнической промышленности / М. Ляммер. – М., 1925. – 32 с.

162. Губер Я. М. Электропромышленность СССР к двадцатилетию Октября / Я. М. Губер, П. Н. Иванов // Электричество. – 1937. – № 21. – С. 18–29.

163. Тверитникова О. Є. Зародження і розвиток електротехнічної освіти в Україні (наприкінці XIX – поч. XX ст.) / О. Є. Тверитникова // Історія науки на межі тисячоліть : збір. наук. праць. – Київ, 2005. – Вип. 21. – С. 211–217.

164. Лебединский В. К. Десятилетие высшей электротехнической школе в Париже / В. К. Лебединский // Электричество. – 1905. – № 2. – С. 297–301.

165. Известия Ленинградского электротехнического института им. В. И. Ульянова (Ленина): под ред. Н. П. Богородицкого. – Л. : Изд-во Ленинград. ун-та, 1963. – Вып. № 1. – 412 с.

166. Шателен М. А. Преподавание электротехники в высших учебных заведениях в России и за границей / М. А. Шателен // Электричество. – 1898. – № 20. – С. 297–301.

167. Степанович Є. П. З історії вищої спеціальної освіти на Україні / Є. П. Степанович // Український історичний журнал. – 1982. – № 2. – С. 72–79.

168. Київський політехнічний інститут. Нарис історії / Г. Ф. Беляков, Є. С. Василенко, М. Ф. Волков [та ін.]; під ред. М. З. Згуровського. – К. : Наук. думка, 1995. – 320 с.

169. Воробкевич А. Початки фізичних та електротехнічних досліджень у Львівській політехніці / А. Воробкевич, О. Рокицький, В. Шендеровський : матеріали 2-ї Всеукр. наук. конф. «Актуальні питання історії техніки». 2003 р.). – К. : «ЕКМО», 2003. – 160 с.

170. Тимирязев К. А. Точно ли человечеству грозит близкая гибель / К. А. Тимирязев // Земледелие и физиология растений. М., 1906, С. 318–356.

171. Охотский С. М. Промышленность связанного азота в дореволюционной России / С. М. Охотский // Азотная промышленность. 1975. – № 5. С. 26–37.

172. Лукьянов П. М. Краткая история химической промышленности СССР / П. М. Лукьянов. – М. : изд-во АН СССР, 1954. – 464 с.

173. Багале́й Д. И. Сочинения, письма и бумаги В. Н. Каразина / Д. И. Багале́й. – Харьковская тип. и литогр. М. Зильберберг и сыновья, 1910. – 712 с.

174. Горбов А. И. О горении воздуха в вольтовой дуге / А. И. Горбов, В. Ф. Миткевич. – Журн. рус. физ.-хим. общества, 1913. – т. 45. – вып. 5. – С. 1109–1136.

175. Петров В. В. Новые электрические опыты / В. В. Петров. – С–Пб. : Медицинская тип., 1804. – 356 с.

176. Менделеев Д. И. Сочинения / Д. И. Менделеев. – М. : Изд-во АН СССР, 1949, Т. 13. – 850 с.

177. Лачинов Д. А. Проект промышленного добывания водорода и кислорода посредством электролиза воды / Д. А. Лачинов // Записки русского техн. общества, 1893. – Вып. 9. – С. 52–67.

178. Ипатьев В. Н. Синтез метана при помощи катализа / В. Н. Ипатьев // Журнал русского физ.-хим. Общества // Химия, 1913. – т. 45. – Вып. 3. – С.

433–442.

179. Ипатьев В. Н. Каталитические реакции при высоких температурах и давлениях / В. Н. Ипатьев, С. П. Лейбин // Журнал русского физ.-хим. Общества // Химия, 1904, – Т. 36. – 762 с.

180. Долгов Б. Современный катализ и его влияние на технику / Б. Долгов. – Химия и хозяйство, 1930. – № 5, – С. 66–67.

181. Виноградский С. Н. Об усвоении свободного азота атмосферы микробами / С. Н. Виноградский // Химический журнал, 1895. Т. 3, Вып. 4. – С. 293–351.

182. Прянишников Д. Н. Азот в жизни растений и земледелия СССР / Д. Н. Прянишников. – М., – Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – 199 с.

183. Гамбург Д. Ю. Основоположник азотной промышленности России И. И. Андреев. / Д. Ю. Гамбург. // – Успехи химии, 1945. Т. 14, Вып. 3. – С. 239 – 252.

184. Минкович М. А. История возникновения в России первого завода контактной азотной кислоты. / М. А. Минкович. – М.: 1945. – 160 с.

185. Завидовский Н. Н. Содовое производство в Сибири / Н. Н. Завидовский // Горный журнал, 1894. – С. 383–391.

186. Осипов И. П. Очерк развития химии в XIX в. // Речь, произнесенная на торжественном акте Университета 17 января 1889 г. / И. П. Осипов – Харьков : 1889. – С. 17–20.

187. Шокин И. Н. Технология соды. / И. Н. Шокин, П. М. Крашенников. – М. : Химия, 1975. – 288 с.

188. Федотьев П. П. Аммиачно-содовый процесс с точки зрения учения о фазах. / П. П. Федотьев // Изв. С-П политехнического института, 1904. – Т. 2. – Вып. 3–4. – С. 281–334.

189. Лукьянов П. М. История химической промышленности СССР / П. М. Лукьянов, А. С. Соловьева. – М. : Просвещение, 1966. – 256.

190. Фокин Л. Ф. Обзор химической промышленности в России. / Л. Ф. Фокин. – С-П, 1921. – 190 с.

191. Природознавство в Україні до початку XX століття в історичному, культурному та освітньому контекстах / Ю. В. Павленко, С. П. Руда, С. А. Хорошева, Ю. О. Храмов. – К. : Академперіодіка, 2001. – 420 с.

192. Харьковский политехнический институт. 1885–1985 : История развития : отв. ред. Н. Ф. Киркач. – Харьков : Вища школа, 1985. – 224 с.

193. Мельник Т. В. Зародження і розвиток наукової школи академіка В. І. Атрощенко / Т. В. Мельник // Нариси з історії природознавства і техніки. – К. : – 2002. – № 44. – С. 92–95.

194. Мельник Т. В. Наукова школа академіка НАН України В. І. Атрощенко / Т. В. Мельник // Наука та наукознавство. – К. : Вид-во ППВФ «Фенікс». – 2004. – № 3. – С. 125–130.

195. Василий Иванович Атрощенко / Н. Ф. Киркач, Н. Ф. Клещев, Н. П. Курган, И. И. Литвиненко. – К. : Наук. думка, 1978. – 78 с.

196. Лобойко А. Я. Единство образования, науки и практики / А. Я. Лобойко, В. В. Кутовой. // Химическая промышленность, 1992. – № 3. – С. 59–61.

197. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л. Життя та діяльність академіка В. І. Атрощенко (до 100-річчя від дня народження) / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О. Я. Лобойко, Г. І. Гринь // Вісн. НТУ «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ». – 2006. – № 11. – С. 3–7.

198. Згуровський М. З. Столітня формула Київської політехніки / М. З. Згуровський // Київський політехнік. – 2003. – 28 серпня. – С.1 – 3.

199. Згуровський М. З. КПІ – колыска інженерної освіти і науки в Україні / М. З. Згуровський, М. Ю. Ільченко, В. О. Константинов. – К.: Генеза, 1998. – 149 с.
200. Лиховодов В. І. КПІ кріз роки. / В. І. Лиховодов, А. Л. Любомудрова, О. В. Лиховодова. – К.: Наук. Думка, 1977. – 147 с.
201. Хіміко-технологічний факультет. До 100-річчя Київського політехнічного інституту і хіміко-технологічного факультету. – К.: НТУУ «КПІ», 1997. – 126 с.
202. Старосельский П. И. Михаил Иванович Коновалов / П. И. Старосельский, Е. П. Никулина. – М.: Наука, 1981. – 235 с.
203. Яцимирський К. Б. Лев Володимирович Пісаржевський (до 100-річчя від дня народження) / К. Б. Яцимирський // Нариси з історії природознавства і техніки. – К.: Наук. Думка, 1975. – Випуск ХХІ. – С. 3–8.
204. Плотников В. А. О строении комплексных соединений / В. А. Плотников // ЖРФХО. – 1916. – Т. 48. – Вып. 8–9. – С. 1896–1905.
205. Ключенкова Л. Праці В. О. Плотнікова в галузі каталізу / Л. Ключенкова // Історія української науки на межі тисячоліть. – К., 2002. – Вип. 7. – С. 103–108.
206. Хоцянівський О. Й. Ректор КПІ О. С. Плігунов (до 100-річчя з дня народження) / О. Й. Хоцянівський // Славетні імена Київського політехнічного інституту. – К., 2004. – 79 с.
207. Цымбал Е. И. Одесский политехнический институт. Краткий исторический очерк (1918 – 1968). / Е. И. Цымбал, В. В. Никулин. – К.: Изд-во Киевского университета, 1968. – 221 с.
208. Вчені вузів Одеси: Бібліографічний покажчик. – Одеса, 1995. – 107 с.
209. Очерки развития науки в Одессе: отв. ред. С. А. Андронати. Одесса, 1995. – 576 с.
210. Яцимирський К. Б. Лев Володимирович Пісаржевський / К. Б. Яцимирський, Р. А. Кострова. – К.: Наук. думка, 1979. – 77 с.
211. Бондаренко Л. В. Пісаржевський як хімік і педагог: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 07.00.01 «Історія України» / Л. В. Бондаренко. – Москва, 1962. – 22 с.
212. Турченко Я. И. Основные пути развития общей, неорганической и физической химии на Украине / Я. И. Турченко. – К.: Изд-во Киевского ун-та, 1957. – 434 с.
213. Развитие неорганической химии на Украине / В. И. Атрощенко, А. С. Бережной, Л. А. Боярская и др. – К.: Наук. Думка, 1987. – 224 с.
214. Турченко Я. И. Основные пути развития общей, неорганической и физической химии на Украине до 1917 г. / Я. И. Турченко. – К.: изд-во Киевского ун-та, 1955. – 373 с.
215. Пісаржевський Л. В. Електрон в хімії. Избранные труды / Л. В. Пісаржевський. – К.: Изд-во АН УССР, 1956. – 320 с.
216. Поляков М. В. Опытное обоснование теории гетерогенного катализа / М. В. Поляков // Журнал физической химии, 1939. – № 3. – С. 18–27.
217. Поляков М. В. Каталитическое окисление аммиака / М. В. Поляков, Ф. М. Вайнштейн // Журнал физической химии, 1940. – № 9. – С. 961–969.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

А

Авагадро А., 109
Авенаріус М.П., 165
Ададуров І.Є., 188, 189, 194, 195, 197, 198
Аллан, 160
Ампер А., 36, 149, 154
Андрєєв І.І., 178, 179, 183
Аносов П.П., 6, 118, 122
Аркуайт Р., 45, 47
Арнольд Е., 152, 161, 165
Арреніус С., 109
Артем'єв М.А., 169, 173
Архімед, 18, 19, 43, 47, 118
Астрелін І.М., 194
Атрошенко В.І., 189, 190, 203, 208, 212, 213
Афанасьєв П.А., 126, 134
Афінський Ксенофонт, 115

Б

Баранов О.В., 186, 201, 206
Барлоу П., 157, 160
Бекетов М.М., 185
Бекман І., 109
Бекон Ф., 117
Бенардос М.М., 50, 51, 52, 155
Бенц К., 33, 34
Берже Ж., 164
Бернуллі Д., 26, 106
Бертло М., 177
Бессемер Г., 119, 122
Бехенен Р., 94, 118, 122
Биркеланд Х., 176
Біо Ж.Б., 149
Біркеланд Х., 182
Блемінг Дж., 152
Бовикін Б.О., 202
Большаков О.Г., 196, 197
Боргман І.І., 165, 166, 167
Боресков Г.К., 197, 198
Борро Д., 160
Бош К., 182
Браун, 45, 47, 120, 122

Брікс А.А., 127, 129, 133, 135
Бродський О.І., 200, 201
Бурбуз, 160
Бурксер Е.С., 196, 198
Бутлеров О.М., 178

В

В'язов В.В., 196, 197
Вайнштейн Ф.М., 201
Вант-Гофф Я., 109
Варламов М.Л., 196, 197
Варлей, 160
Вебер Д., 156
Вернадський В.І., 22, 32, 33, 41, 198, 204, 214
Верт, 144
Вестингауз Д., 30
Виноградський С.М., 177
Вібе Ф., 123, 133
Вілкінсон Д., 85, 90, 91, 100
Віньоль Ч., 40
Войнаровський П.Д., 165, 166
Волл, 107
Вольт А., 36, 107, 108, 149, 154
Вольфович С. І., 178

Г

Габер Ф., 182
Гадолін А.В., 126, 127, 134, 143
Галілео Галілей, 22, 23, 117
Галінкер І.С., 189
Гальвані Л., 107, 108, 149
Ганз С.М., 202
Гаріель Г., 65
Гартіг Е.К., 125, 133, 134, 143
Гатцук А.Д., 130
Гауксбі Ф., 107
Гаусс К., 154, 156
Гаяї Р., 107
Гебер, 111
Гей-Люссак Ж., 109
Геміліан В.О., 185, 186
Генрі Д., 35, 69, 85, 91, 94, 100, 112, 160
Геріке О., 103, 107

Герон Александрійський, 19, 24,
43, 47

Герц Г., 151, 155

Гесс Г.І., 109

Гільберт У., 102, 103, 107

Гладушко В.І., 194, 195

Гонігман М., 115

Гопкінс Дж., 152

Горбов О.І., 176, 212

Гостковський Р., 170

Грамм З., 157, 160

Грдіна Я.І., 199

Грей С., 103

Грей-Дьюар Г., 115

Гук, 117

Гуськов В.О., 199

Гюйгенс Х., 43, 44, 47

Д

Д'Аламбер, 69, 88, 89, 100

Д'юару Д., 112

Даймлер Г., 33

Даїн Б.Я., 200

Даль Негро, 160

Дальтон Дж., 108

Данлоп Д., 34

Дарвін, 18

Двигубський І.О., 109

Девенпорт Т., 160

Деві Е., 52

Дезагюльє Ж., 107

Дезорг, 43, 47

Декарт, 117

Дем'янов Н.Я., 193

Дементьев К.Г., 194

Демокріт, 19

Денисов Ф.О., 109

Депре М., 153

Джоуль Д.П., 149

Дзєсьлевські Р., 170

Дідро, 69, 88, 89, 100

Дізель Р., 34

Добжинський Ф., 170

Добросердов Д.К., 191, 195

Долгов Б., 177

Долгов В.Д., 146, 212

Доліво-Добровольський М.О., 38,
152, 155, 158, 160

Дубелір, 155

Думанський А.В., 193

Дюфе Ш., 103, 107

Е

Едісон Т., 37, 69, 155

Ейде С., 176, 182

Ейдельман Е.М., 189

Ейлер Л., 26, 45, 47, 117

Еллікот Дж., 107

Енгельс Ф., 21, 22, 117, 208

Ендрюс Т., 112

Епінус Ф.У., 49, 105, 107

Ерстед Х.К., 149, 156

Є

Євреїнов Г.Є., 172, 173

Ж

Жидков Б.А., 195

Жоссель, 123, 133, 143

Жуков І.Д., 185

З

Загорський Ф.Н., 5

Засорін А.П., 190

Зворикін А.А., 5

Зворикін К.О., 126, 127, 128, 133,
135, 136, 142, 143, 144, 146

Зінін М.М., 178

Золотарьов В.С., 190

Зубашев Є.Л., 185

І

Іванов Б.І., 5

Іпатьєв В.М., 177, 179, 182

К

К.Г.П. де Лаваль, 31

Кавендіш Г., 106, 112, 175, 182, 204

Каганський І.М., 196

Кайданов В., 160

Кальте Л., 112

Кантон Дж., 107

Каппа Г., 152

Каразін В.М., 175, 176

Карно С., 32

Катков Д.С., 146, 147, 210
 Кенеллі А., 152
 Кирилін В.А., 5
 Кирпичов В.Л., 142, 145, 171, 191, 210
 Кірхгоф Г., 154
 Кларка У., 36, 39, 160
 Клобуков М.П., 172
 Клод Ж., 112
 Кнаббе В.С., 128, 132, 133, 135, 136, 142, 143, 144, 146, 209, 210
 Кокілья, 133, 134
 Коллі Р.А., 155
 Колосов О.К., 178, 183
 Колумелли, 115
 Конвісар В.І., 189, 190
 Коновалов М.І., 191, 192, 213
 Коперник, 23
 Копняєв П.П., 172
 Короленко В.Г., 41
 Кортнев О.В., 196
 Коршун Ю.В., 200
 Крайній І.Я., 196, 197
 Крайня А.Я., 189
 Красуський К.А., 191
 Круг К.А., 167
 Круковський А.В., 169
 Крукс В., 174
 Кук, 156
 Кулепетов М.М., 178, 183
 Кулон Ш., 107, 117, 149
 Кьельберг О., 52
 Кюльманн Ф., 112, 113, 182

Л

Лавуазьє А., 108
 Лагiр, 43, 47
 Лаксман Е., 114
 Ланген Е., 33
 Латишев Г.А., 146
 Лачінов Д.О., 153, 165, 177, 179, 212
 Лебедєв П.М., 151, 199
 Леблан Н., 74, 114, 180
 Левкіпп, 19
 Лейбніц Г., 44, 47, 118
 Лейпунський О.І., 69

Ленін В.І., 6
 Ленц Е.Х., 149, 156, 160, 165, 167
 Леонардо да Вінчі, 21, 68, 85, 87, 99, 138
 Лихачов І., 180
 Лібіх Ю., 116
 Лідов О.П., 185
 Лінде К., 112
 Лодигін О.М., 154
 Ломоносов М.В., 6, 49, 105, 108, 111, 117, 178
 Лопатто Е.К., 196, 197
 Лоренц Х., 151, 155
 Лук'янов П.М., 175
 Любімов І., 180, 181

М

Майєр В., 179
 Максвелл Дж., 36, 49, 148, 150, 151, 153, 154
 Малиновський О.Е., 200
 Маллет А., 30
 Мандельштам Л.І., 173
 Маргграф А., 113
 Маріотт, 117
 Мартен Е., 119, 122
 Мартен П., 119, 122
 Маскар, 153
 Матросов В.М., 146
 Менделєєв Д.І., 78, 112, 174, 176, 178, 179, 191, 193
 Міткевич В.Ф., 167, 176
 Мітташ А., 177
 Мітташ П., 182
 Модслі Г., 6, 45, 69, 85, 91, 92, 93, 94, 95, 100, 120
 Монсо Д., 113
 Морзе С., 156
 Мухачов П.М., 144, 146
 Мушенбрук П., 104, 107
 Мушкет Р., 123, 133, 134
 Мюррей Д., 160

Н

Нартов А.К., 6, 47, 69, 88, 100
 Несміт Дж., 94, 120, 122
 Нікольсон Д., 30, 131, 132, 135, 140

Нолле Ж., 107
Ньюкомен Т., 25
Ньютон І., 18, 72, 105, 117, 118

О

Олеарський К., 170, 173
Ом Г., 36, 149, 154
Орлов Є.І., 187, 194
Осмонд, 144
Оствальд В., 109, 178, 179, 182
Отто Н., 33

П

Павлов М.П., 197
Панкін А.В., 5, 146
Папалексі М.Д., 173
Парацельс, 108
Паскаль Б., 44, 47
Патон Б. Є., 48, 214
Патон Є.О., 40
Пачіотті А., 160
Пачіонні А., 157
Педаній Д., 113
Педжа Ч., 160
Перегріно П., 102, 107
Петренко-Критченко П.І., 195, 196, 197
Петров В.В., 48, 49, 50, 154, 157, 175, 205, 212
Петрушевський Ф.Ф., 165
Писаржевський Л.В., 191, 193, 199, 200, 201
Пікар Ш., 50
Піроцький Ф.А., 37, 154, 157, 158
Піфагор, 107
Плигунов О.С., 194, 195
Пліній Старший, 115
Плотніков В.О., 193, 194, 213
Погорелко О.К., 171, 173
Ползунов І.І., 6, 90
Поляков М.В., 200, 201, 213
Пономарьов І.М., 185
Попов О.С., 155
Пригожин І., 137
Пристлі Дж., 106, 107, 112, 175
Прокопович Ф., 7
Проскура Г.Ф., 146

Пруст Ж., 108
Прянішніков Д.М., 112, 178
Птоломей, 19
Пулюй І.П., 152
Пуля Б., 152

Р

Рамсден Д., 94, 107
Резенфорд Л., 175
Резерфорд Д., 112
Реомюр Р., 6, 84, 99, 117, 118
Реформатський С.М., 193
Рєзніков Н.Й., 146, 147
Ріхман Г. В., 49, 105, 107
Річчі В., 157, 160
Розенберг М.О., 200, 209
Розенцвайг І., 171
Ройтер В.А., 200, 201
Рубін П.Г., 199
Рудник С.С., 130, 209
Руффіні Ф., 65

С

Савар Ф., 149
Саввін М.М., 128, 133, 135
Самоський Ф., 86, 99
Сануто Л., 107
Семко М.Ф., 147
Сименс В., 155, 159, 160, 162
Сіменс В., 119, 122
Сіменс Ф., 33, 119, 122
Скоморохов А.А., 169
Скрибоній, 101, 107
Славянов М.Г., 50, 51, 52
Смітон, 25, 85, 100
Соколов А. А., 169
Сокольницький Г.З., 171
Соловійов К.М., 185
Сольве Е., 115, 180, 181
Спенсер Х., 121, 122
Стефенсон Дж., 28, 30
Столетов О.Г., 152, 154, 165
Стржелецький Ф., 170, 173
Струве А.Є., 37
Сукачов О.П., 171

Т

Тарновський О.М., 195

Тейлор Ф.В., 6, 36, 128, 129, 130,
131, 132, 133, 135, 136, 209
Тенант, 68
Терашкевич В.Ф., 189
Терещенко Л.В., 187, 205
Тесла Н., 38, 39, 155, 157, 160
Тимірязєв К.А., 174, 191
Тимофєєв В.Ф., 191
Тимченко Ю.І., 195
Тіме І.А., 4, 123, 124, 125, 128, 131,
133, 134, 136, 143
Тір В.Е., 145, 146
Тісе І.Я., 180
Томас С., 25, 37, 119, 122
Томсон Е., 50
Томсон С., 152
Тревітік Р., 27, 28
Треска, 125
Трефільєв П.О., 196
Троїцький А.І., 146
Турбаба Д.П., 185

У

Уайльд Г., 157, 160
Уатт Д., 6, 24, 25, 26, 31, 69, 85, 89,
90, 91, 100, 139, 140, 207
Угрімов Б.І., 167
Ужевський В. П., 193
Уїтстон Ч., 156, 160
Усатий С.М., 169
Усачов Я.Г., 128, 129, 133, 135, 136
Усигін І.Ф., 50, 154, 155, 157

Ф

Фалес Мілетський, 19, 101, 107
Фарадей М., 36, 109, 149, 150, 153,
154, 160
Федотьєв П.П., 181
Ферраріс Г., 157, 160
Фішер, 131
Форд Г., 6, 35, 36
Фракасторо Дж., 107
Франклін Б., 6, 49, 104, 105, 106,
107
Фреліх І., 152

Фризе С., 171
Фроман Г., 160
Фукс С., 121, 122
Фултон Р., 26
Фуркруа А.Ф., 112, 113
Фуше Е., 50

Х

Хакен Г., 137, 209
Хвольсон О.Д., 165
Хевісайд О., 151
Хеммінг Д., 115
Хіорт С., 160

Ц

Цейтлін А.Н., 189

Ч

Чебишев В.Л., 126, 133
Челюсткін А.М., 125, 128
Чернай М.О., 185
Чернишов В.І., 5
Чернов Д.К., 122, 134, 145
Чешев В.В., 5, 204
Чиколєв В.М., 154, 158
Чічібабін А.Є., 193
Чорнобаєв Д.О., 194

Ш

Шапошніков В.Г., 191
Шателен М.А., 166, 208, 211
Шательє А., 50, 52
Шевченко Т., 27, 29, 204, 209
Шееле К., 175
Шелле К., 112
Шиллер М.М., 151
Шиллінг П.Л., 154, 156
Шухардін С.В., 5

Ю

Ювеналєв Н.І., 187

Я

Яблочков П.М., 37, 155, 157, 159,
161
Якобі Б., 37, 154, 156, 157, 160

ПІСЛЯМОВА

Автори монографії дослідили розвиток техніки від найдавніших часів до зламу XIX – XX ст. При цьому було взято до уваги наступні обставини. До широкої гами публікацій на цю тему було додано невідомі та маловідомі події і факти, що стосувалися, у першу чергу, України як держави або її території у давні та пізніші часи. В результаті, історична інформація про розвиток технічних наук набула більшої системності і, наскільки це можливо, була звільнена від суспільно-політичних підходів. По-друге, за основу взято дослідження у Харківському технічному ВНЗ (ХТІ, ХПТІ, ХП), який було засновано у 1885 р., першому з даного профілю. І, нарешті, у монографії прослідковано розвиток техніки за трьома фундаментальними напрямками – машинобудуванню, електротехніці і хімічній технології. Відомо, що у XX і XXI ст. ці напрямки стали пізніше основою для виділення і розвитку кількох сотень технічних наук.

Розвиток цих наук на початок 20-х років минулого століття став таким, що на їх основі та ряду інших наукових напрямків указом гетьмана Павла Скоропадського від 14 листопада 1918 р. було створено Українську Академію наук, до якої, крім інших установ, увійшли Інститут прикладної механіки та Інститут прикладної хімії. Першим Президентом Академії, як найвищої державної наукової установи, став видатний природознавець, філософ, біогеохімік та організатор науки Володимир Вернадський (1918 – 1921 рр.). Суть його позиції у полеміці з Михайлом Грушевським полягає у тому, що науки стануть надійнішою опорою інтелектуальної свободи і духовної незалежності, ніж політичні організації. Грушевський же вважав небезпечним обґрунтування національної самовизначеності на природничих та технічних науках. На жаль, на сьогодні в Україні перемагає позиція останнього. Борис Патон, цей патріарх технічних наук, сказав якось одному з авторів монографії: «Вони (тобто повсюдно гуманітарне керівництво держави) мене не слухають». Сумно, але Україна за часи незалежності з промислово-індустріальної держави перетворюється на країну «офісних хом'ячків», мерчендайзерів, політологів, економістів, юристів та інших людей «розуму високого польоту». Подейкують, що у наших середніх школах за пропозицією якогось чиновника-розумника вже відмінено креслення (на користь чого?), а опитування абітурієнтів-2016 свідчить про лідерство у їх головах (і головах батьків) спеціальності «філологія», де немає математики, фізики і того ж таки креслення. У п'ятірці вишів цього року, за тим же опитуванням, є

класичні університети Києва та Львова і київський економічний.

Тому метою цієї монографії, всі автори якої мають інженерну освіту, є, крім іншого, наміри привернути увагу молоді та її батьків до техніки та технічної освіти. Оскільки зараз освіта будується за схемою: «середня школа – університет (бакалавр – магістр – PhD)», на нашу думку, слід більше уваги приділити таким формам проміжного чи кінцевого навчання як коледж та професійне училище. Це дасть можливість прискорити молоді різних здібностей набуття професійної орієнтації уже в 15 – 16-річному віці.

У нашій державі так склалося, що прикладні технічні науки розвиваються переважно у технічних університетах, а фундаментальні – в установах Національної Академії наук. Виняток складають лише окремі академічні інститути – Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля, Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка та деякі інші, де успішно співіснують прикладні та фундаментальні технічні науки. Виходячи зі сказаного, слід відновити наукові підрозділи у вишах, забезпечивши їх належним фінансуванням, дослідницькою базою та кадрами. Вважаємо, що популярна нині формула «наука у другій половині дня викладача» є популістською чиновницькою фікцією, тому що наукові дослідження вимагають свіжого творчого розуму першої половини дня.

Настав час, коли треба визначитись, скільки і яких фахівців потрібно для традиційної і нової галузей промисловості нашої держави (машинобудування, металургія, електротехніка, хімічні технології, транспорт, космічна галузь тощо). Для цього доцільно зробити відповідний моніторинг інженерних та інших кадрів подібних до нашої, але успішних держав (Чехії, Швеції, Польщі, Франції, Німеччини тощо).

І останнє. Читач даної монографії уже зрозумів, що писали її кваліфіковані фахівці з історії техніки. Справді, у всіх авторів є базова інженерна освіта (НТУУ «КПІ» та НТУ «ХПІ»), а також ґрунтовні знання з історії науки і техніки. Тому наш досвід у цій галузі, який підтверджується серією попередніх відповідних публікацій, дозволяє стверджувати, що кваліфікованим фахівцем у історії науки і техніки може бути лише інженер з базовою технічною освітою і наступними ґрунтовними знаннями історії та методології відповідної галузі техніки.

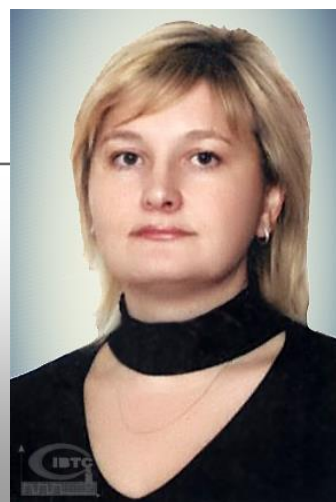
Заслужений діяч науки і техніки України,
доктор технічних наук, професор Посвятенко Е. К.



ПОСВЯТЕНКО

Едуард Карпович

заслужений діяч науки і
техніки України,
доктор технічних наук,
професор, професор ка-
федри «Виробництво,
ремонт і матеріалознав-
ство» Національного
транспортного
університету, м. Київ,



ТВЕРИТНИКОВА

Олена Євгенівна

кандидат історичних наук,
доцент, професор кафедри
«Інформаційно-
вимірювальні технології і
системи» НТУ ХПІ



ПОСВЯТЕНКО

Наталія Іванівна

кандидат технічних наук,
доцент, доцент кафедри
«Дорожні машини» Наці-
онального транспортного
університету, м. Київ



МЕЛЬНИК

Тамара Василівна

кандидат історичних наук,
доцент кафедри «Загальної
та неорганічної
хімії» НТУ ХПІ

Наукове видання

ПОСВЯТЕНКО Едуард Карпович
ТВЕРИТНИКОВА Олена Євгенівна
ПОСВЯТЕНКО Наталія Іванівна
МЕЛЬНИК Тамара Василівна

**ІСТОРИЧНА СПОРІДНЕНІСТЬ РОЗВИТКУ
ПРИКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ НАУК**

Монографія

Українською мовою

Комп'ютерна верстка і дизайн *О. В. Хіхло*

План 2014 р., поз.